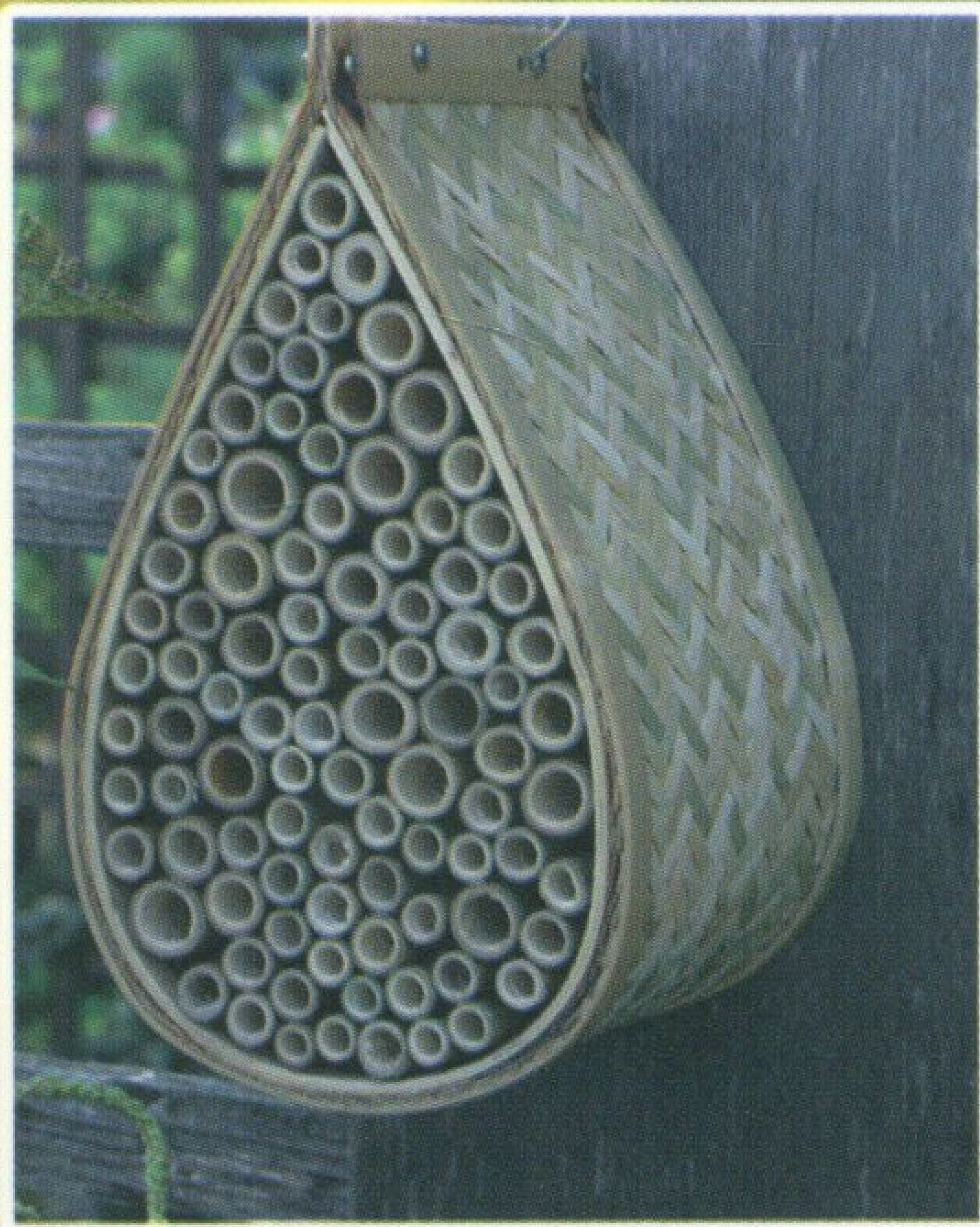
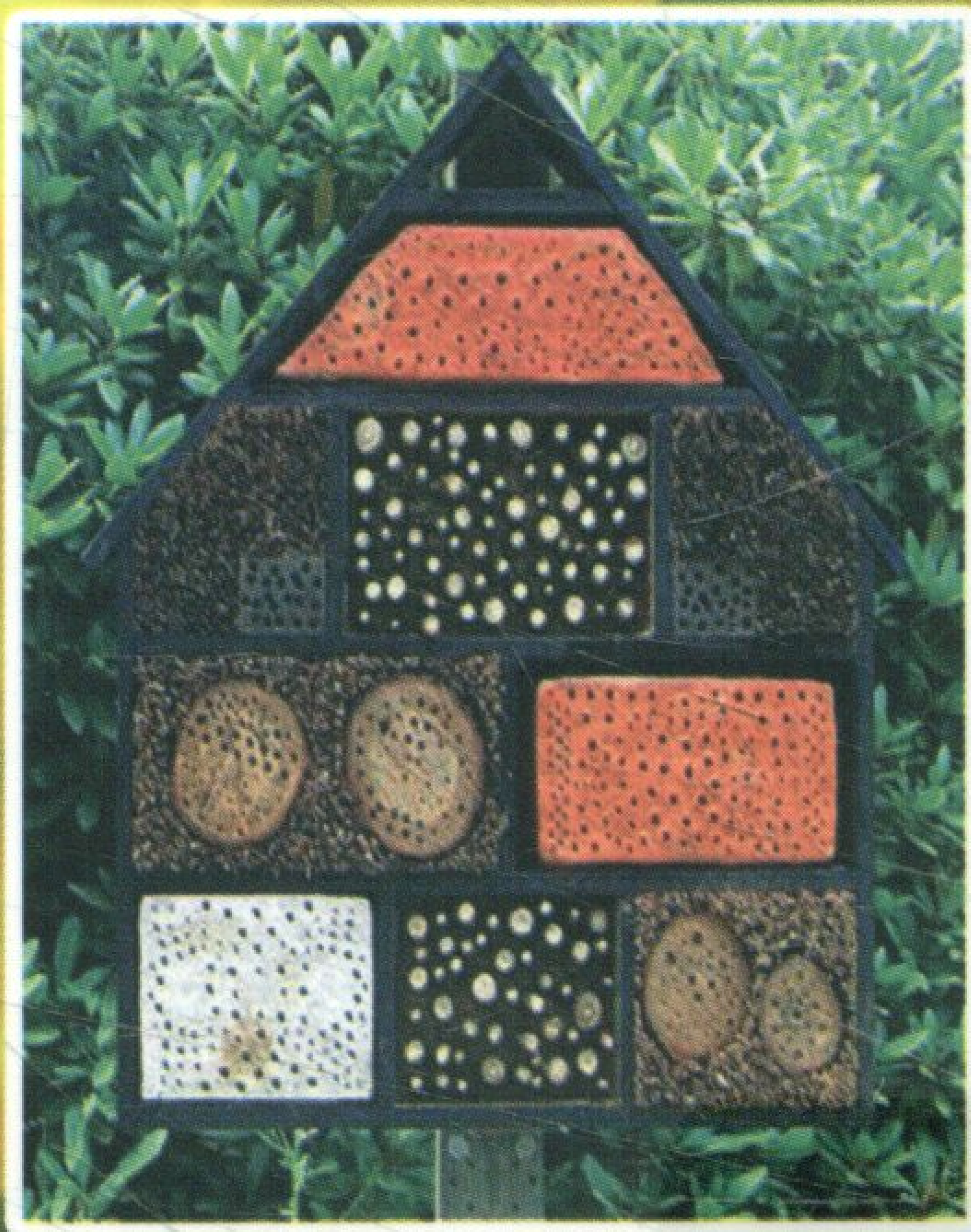
التلقيح بالنحل
في النظم البيئية الزراعية







تحرير

روسالند ر. جيمس

تيريسا ل. بيتس - سينقر

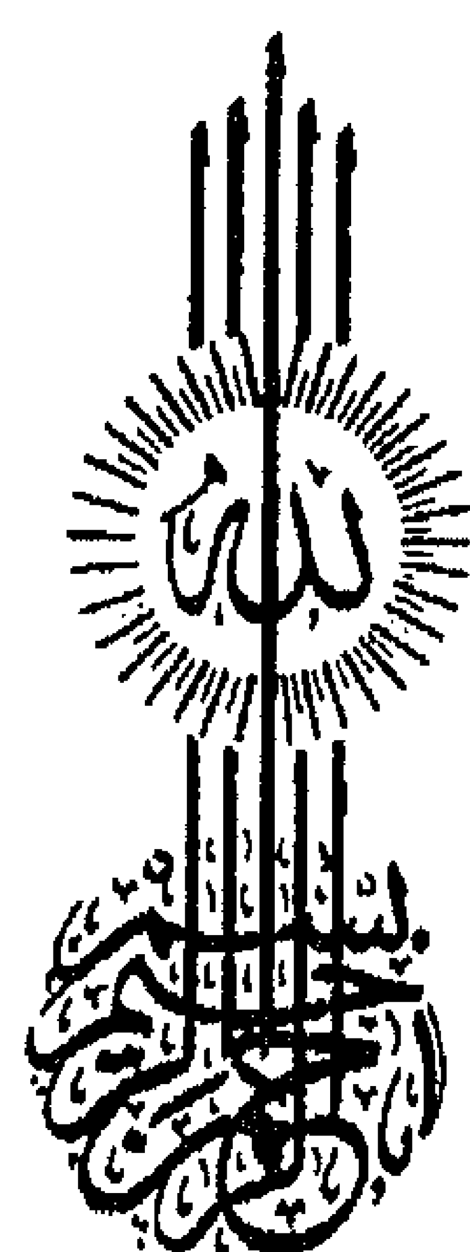
ترجمة

أ. د. أحمد الخازم الغامدي

د. يحيى زكي العتال

جامعة الملك سعود

النشر العلمي و المطابع



التلقيح بالنحل في النظم البيئية الزراعية

تحرير

روسالند ر. جيمس

تيريسا ل. بيتس – سينقر

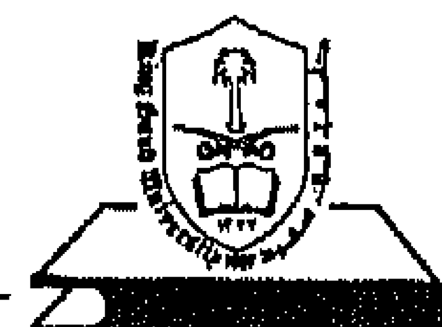
ترجمة

أ. د. أحمد الخازم الغامدي

أستاذ علم النحل – المشرف على كرسي المهندس عبدالله بقشان لأبحاث النحل – كلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود

د. يحيى زكي العتال

أستاذ علم النحل –كرسي المهندس عبدالله بقشان لأبحاث النحل – كلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود



النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

هذه الترجمة العربية مُصرَّح بها من قِبَل مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:
Bee Pollination in Agricultural Ecosystems
Edited by: Rosalind R. James, Theresa L. Pitts-Singer

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

جيمس، روسالند.

التلقيح بالنحل في النظم البيئية الزراعية/ روسالند ر. جيمس؛ تيريسا ل. بيتس - سينقر؛ أحمد الخازم الغامدي؛ يحيى زكي العتال - الرياض، ١٤٣٣هـ.

٣٧٧ ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٠ - ٠٥٦ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨

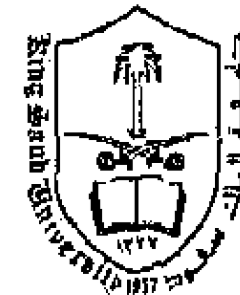
١- النحل ٢- النباتات أ. بيتس سينقر، تيريسا (مؤلف مشارك) ب. الغامدي، أحمد الخازم (مترجم) ج. العتال، يحيى زكي (مترجم) د. العنوان

ديوي ٥٨١,٦١ ١٤٣٣/٧٦٥٠

رقم الإيداع: ١٤٣٣/٧٦٥٠

ردمك: ٠ - ٠٥٦ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه الحادي والعشرين للعام الدراسي ١٤٣٢/١٤٣٣هـ، المعقود بتاريخ ٢٠/٧/١٤٣٣هـ، الموافق ١٠/٦/٢٠١٢م.



النشر العلمي والمطابع ١٤٣٣هـ

تقديم المترجمين

يعد هذا المرجع واحداً من أهم المنشورات التي تناولت موضوع تلقيح النباتات بواسطة النحل، ولا سيما النحل الانفرادي. وقد خُصِّصت الفصول الأولى لشرح العلاقة التطورية والتعاونية بين النحل والنباتات الزهرية وتوضيح ضرورة الاهتمام بالنحل البري في إدارة عمليات إنتاج المحاصيل المختلفة، كما ناقشت الخلاف حول استخدام أنواع دخيلة من النحل في تلقيح محاصيل الزراعات المحمية، وفيما إذا كان إنتاج الملقحات تجارياً واستئناسها سبباً كافيا لتوزيعها حول العالم، وبينت أيضاً الأخطار البيئية المصاحبة لانتقال هذه الملقحات من بيئتها الأصلية، ووُضحت المنفعة الاقتصادية والبعد البيئي والأخلاقي لانتقال هذه الملقحات إلى بيئات جديدة. كما تطرقت إلى سبل إعادة تأهيل المناطق البرية وإنتاج البذور المعتمدة لبعض هذه النباتات وترميم المناطق الطبيعية بها. وفي نهاية الباب الأول، تمت مناقشة تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات، أهدافها، أبعادها وسبل تطبيقها. وفي الباب الثاني، تمت مناقشة استخدام أنواع من النحل الانفرادي في تلقيح محاصيل الفاكهة واللوزيات والخضروات ومحاصيل زيتية مختلفة. فقد تم توضيح سبل إدارة واستخدام النحل الطنان والنحل البنّاء ونحل أوراق نبات البرسيم ونحل النوميا، بالإضافة إلى مناقشة مشكلة الأمراض والآفات

التي تصيب مستعمرات النحل في غرف التربية أوالطبيعة على حدٍ سواء. وخُصص الباب الثالث والأخير لتوضيح العلاقة بين النحل والبيئة بما في ذلك أهمية النحل بعملية الإنتاج وعلاقة الملقحات مع بعضها البعض، بالإضافة إلى الآلية التي يمكن أن يتدخل فيها النحل في نقل المورثات داخل وخارج حقول المحاصيل المعدلة وراثياً والآثار البيئية المترتبة على ذلك. كما تمت الإشارة في نهاية الباب الأخير إلى مستقبل تلقيح المحاصيل الزراعية. وشارك ستة عشر باحثاً وخبيراً في مجال تلقيح النباتات في إعداد هذا الكتاب بكل مهنية، مستهدفين أصحاب القرار السياسي المعنيين والباحثين والمزارعين ومربي النحل والعاملين بمجال خدمات التلقيح بالنحل. فكل الشكر والتقدير لهم على الجهد المبذول والمتفاني في إعداد هذا الكتاب. ومن الجدير بالذكر أن المؤلفات العربية والتراجم المتعلقة بتلقيح النباتات وبالنحل الانفرادي قليلة جداً بل ونادرة، كما أن الحاجة مستمرة في رفد المكتبة العربية بمؤلفات في هذا الموضوع، ولذلك قمنا بترجمة هذا الكتاب. وخلال الفترة التي قُمنا فيها بترجمة هذا الكتاب المهم أيقنا بأنه لا يمكن لعمل كهذا أن ينتهي وأن الكمال إنما هو سراب لا يمكن الوصول إليه، وأيقنا أيضا عجزنا عن شكر كل من ساهم في إنجاز هذا العمل، فبعد شكر الله عز وجل الذي ألهمنا المقدرة على القيام بهذا العمل نتوجه بجزيل الشكر والعرفان إلى معالي مدير جامعة الملك سعود الأستاذ الدكتور عبدالله بن عبدالرحمن العثمان وسعادة الأستاذ الدكتور علي بن سعيد الغامدي على الدعم المتواصل والحثيث لأعضاء هيئة التدريس والباحثين بهدف رفعة وتميز جامعتنا العزيزة وتبوئها المكانة المرموقة التي نصبوا جميعاً للوصول إليها. والشكر والعرفان إلى المهندس عبدالله بن أحمد بقشان على رعايته لكرسي أبحاث النحل بالجامعة. كما نشكر الأساتذة الذين قاموا بمراجعة وإبداء الملاحظات على النسخة الأولية لهذا العمل ولمن قاموا بتقييم

الترجمة العربية لهذا الكتاب على آرائهم وتعليقاتهم وانتقاداتهم الصادقة والبناءة. والشكر موصول لمدير ومنسوبي مركز الترجمة بالجامعة لما قدموه من تسهيلات ودعم لترجمة هذا الكتاب. نسأل الله العزيز القدير أن يجزيهم عنا خير الجزاء وأن يجعل هذا العمل في ميزان حسناتنا جميعا يوم لا ينفع مال ولا بنون.

أ.د. أحمد بن عبدالله الخازم الغامدي

د. يحيى زكي خالد العتال

كرسي المهندس عبدالله بقشان لأبحاث النحل

جامعة الملك سعود

تقديم

على الرغم من أن فهم وتقدير قيمة خدمات النحل بالتلقيح "موضوع هذا الكتاب" لم تتم إلا مع بداية القرن الثامن عشر، إلا أن العلاقة بين الإنسان والنحل قديمة ووطيدة وترجع على أقل تقدير إلى ٢٤٠٠ سنة قبل الميلاد. فقد كانت تربية نحل العسل الغربي *Apis mellifera* L. مهنة متطورة في مصر القديمة خلال فترة حكم الأسرة الفرعونية الخامسة. وعندما نزل كريستوفر كولمبوس ورفاقه في كوبا عام ١٤٩٢م قام السكان المحليون بالترحيب بهم من خلال تقديم هدايا من العسل من خلايا نحل العسل غير اللاسع المحلي (Stingless bees, *Melipona beecheii*) والتي كانت وما زالت تُربى بخلايا من جذوع الأشجار عند السكان المحليين في المناطق الاستوائية (Neotropics).

إن الارتباط الوثيق بين النحل والإنسان أدى إلى تماثل ثقافي واضح بين حضارتين عظيمتين، ففي مصر القديمة كان الرسم الهيروغليفي لنحل العسل يُستخدم كرمز للمَلَكِيَة، وكذلك في حضارة المايا القديمة بأمريكا الوسطى فإن رسمة النحل غير اللاسع (Stingless bees) كانت ترمز للملوك.

ولعل من السهل معرفة أسباب ذلك، فعلى جانبي المحيط الهادئ يتوفر العسل ومنتجات خلية النحل مثل الشمع وصمغ النحل، والتي تُنتَج من النحل الاجتماعي، الذي كان وما يزال سلعةً مهمةً في التجارة الإنسانية كغذاءٍ ومصدر لمواد التجميل

والمواد الطبية والعلاجية مجتمعةً مع مشروبات العسل المختلفة، لذلك فإن منتجات نحل العسل والنحل غير اللاسع لها قيمة واضحة، تجعلنا ننظر باحترام لمهنة تربية النحل واقترانها مع التدين والروحانية.

ويمكن أن نلخص في كل الأحوال العلاقة التاريخية غير المشهودة أو المدونة مع النحل لأبعد من ذلك. فعندما شرعت أصولنا الأولى في طريق التطور بالمشي على القدمين وبناء طريقة حياة تعتمد على جمع الثمار والصيد، كان بإمكانهم فعل ذلك بسبب وجود المظاهر الزهرية والبنائية الناتجة من التطور المشترك للعلاقة المهمة والتشاركية والفوق عادية بين النحل والنباتات الزهرية في منطقة السافانا. والآن نحن لا نعيش بطريقة الجمع والصيد ولدينا عادات جديدة، فالنظام الزراعي القائم على الزراعات المكثفة أدى إلى إنتاجية عالية لا يمكن تخيُلها في الجيلين الماضيين. وحتى بفعل ذلك لم نستطع أن نُحرر أنفسنا من الاعتماد على النحل، فنحن نعتمد عليه في تلقيح ثلاثة وستين محصولاً (٧٧٪) من بين أهم وأكثر اثنين وثمانين محصولاً ذا قيمةٍ. ومن المعروف أن النحل يُلقِح ما يزيد عن ٤٠٠ نوع من المحاصيل في العالم، وفي الولايات المتحدة الأمريكية وحدها يُلقِح النحل أكثر من ١٣٠ نوعاً من المحاصيل.

ولا يخلو هذا من بعض المفارقات، فبينما نعتمد وبشكل رئيس على خدمات النحل بالتلقيح، نقوم بتحطيم الغطاء النباتي والأنواع الحشرية بخلق زراعاتٍ أحاديةٍ ضخمةٍ ومتماثلة، هي بعيدة كل البعد عن الرفق بالنحل. وتدعى المرحلة التالية من تطور العلاقة الوثيقة للإنسان مع النحل بمرحلة النحالين المتنقلين. ففي المنطقة البيئية المنكوبة والمعروفة بوادي كاليفورنيا الأوسط، يتم نقل عدد هائل من خلايا النحل من مناطق تصل حتى ولاية تكساس وفلوريدا كل عام لتلقيح اللوز في كاليفورنيا. وفي عام ١٩٩٤م تضمن ذلك استئجار ١,٤ مليون خلية نحل. ومن المتوقع ارتفاع الطلب بحلول عام ٢٠١٢م إلى حوالي ٢ مليون خلية نحل لتغطية المساحات المتزايدة من زراعة اللوز فقط في ولاية كاليفورنيا. في وقت إعداد هذا الكتاب فإن عدد خلايا النحل في أمريكا

الشمالية يبلغ حوالي ٢,٩ مليون خلية نحل، منها حوالي ٢-٢,٥ مليون يتم استئجارها سنويا لتلقيح ١٣ محصولاً. وحساب الزيادة المستقبلية بأعداد النحل لا يغطي الاحتياجات المستقبلية. هذا بالإضافة إلى حقيقة أن نحل العسل يعاني من العديد من المتطفلات والأمراض بالإضافة إلى ظاهرة تدهور الخلايا، الأمر الذي أدى وبشكل يمكن تفهمه إلى البحث عن أنواع إضافية من النحل المحلي كبدائل لنحل العسل يمكن تربيتها واستخدامها كملقحات.

وما يجب أن يحدث الآن هو البحث عن أنواع جديدة من الملقحات في المناطق البرية وما تحتويه من أنواع نباتيةٍ مختلفة. ويجب علينا بكل الأحوال الحفاظ على هذا المخزون من الملقحات والمصادر الطبيعية الأخرى والتي تتعرض على كل حال للضغط البيئي نتيجةَ الزحف العمراني والزراعي الكثيف. وللقيام بذلك يجب أن نطّور وعياً كبيراً لدى المجتمع حول العلاقات النشطة والمتشابكة بين النحل والنباتات الزهرية. ولا يرجع سبب ذلك (ببساطة) للعوائد الاقتصادية من الملقحات المتوفرة، ولكن أيضا للناحية الجمالية والبيئية والتمتع بالمناطق البرية والطبيعية. فقد أصبح البحث في بيولوجية التكاثر والتعشيش وإدارة النحل البري المحلي لتلقيح محاصيل محددة بعينها، مجالاً متنامياً. وبالإضافة إلى ذلك فإننا يمكن أن نحفز الاستفادة من خدمات التلقيح لهذه الأنواع من النحل بالتصميم على التغلب على الزحف الزراعي المبرمج على المناطق البرية، وذلك من خلال الحفاظ على الأصناف النباتية المحلية كمصادرَ نباتية إضافية للملقحات في مناطق محاصيلهم.

ويمكن اعتبار الأمن الحيوي فكرةً متكررةً في هذا الكتاب، ونعني بذلك انتقال حبوب اللقاح من النباتات المعدلة وراثياً لمقاومة مبيدات الأعشاب إلى الأعشاب نفسها، والتي يتم نقلها بواسطة الملقحات، أو من خلال التداخل غير المتوقع والخطير بين الأصناف النباتية الجديدة وأنواع الملقحات. ومن هنا تنبع أهمية الآثار البيئية الخطيرة وغير المتوقعة والتي تحدث عندما ينتقل نوع أو سلالة من سلالات النحل

خارج المدى البيئي الذي يتواجد به. ومن الأمثلة المعروفة لهذه الحالة، النحل المتأفرق (Africanized Honeybee) فعندما تم نقل سلالة من سلالات النحل من إفريقيا إلى البرازيل وتم تهجين هذه السلالة بسلالة النحل الأوروبي الموجودة بالبرازيل (وهي سلالة غير محلية أصلاً بالبرازيل) أدى ذلك إلى حدوث تداعيات متعددة معروفة. وحدثت المشاكل أيضا فيما يتعلق باستخدام النحل الطنّان لتلقيح المحاصيل داخل البيوت البلاستيكية، عندما تم إدخال النحل الطنّان *Bombus terrestris* إلى مناطق خارج مداه الطبيعي، والآن هناك حالات موثقة في بريطانيا وفلسطين المحتلة عن وصول النحل الطنّان وتأسيس مجتمعات له في المناطق البرية مع آثار سلبية على بيئات النحل المحلية.

سيتم توضيح ومناقشة هذه الموضوعات، التي ذُكرت سابقاً، في هذا الكتاب. ويظهر هذا المؤلَف بالوقت المناسب ليس فقط لأن هذه الأمور مهمة وضرورية ولكن لأن من قام بالمساهمة في إعداد هذا الكتاب هم خبراء ومفكرون وباحثون في هذا المجال. ويشكل جماعي، فإن الموضوعات التي تمت مناقشتها توضح الواجهة العريضة للبحث المستقبلي الضروري إذا أردنا أن نوثق علاقتنا بالنحل وإدارته واستخدامه المستدام.

ولذلك فقد وضعت أهداف وخطط العمل، وسوف ننجح في ذلك. ويجب علينا ذلك وإلا تحت أية ظروف، فإن الأشخاص المهتمين بالبيئة من عصري قد يطرحون سؤالاً، كيف سيتعامل ويتكيف أحفادنا مع قلة الغذاء.

Christopher O'Toole
سليبي، ليسيسترشاير، بريطانيا
باحث شرف مشارك، مجموعة هوب الحشرية
متحف جامعة أكسفورد للتاريخ الطبيعي
المدير العلمي لشركة تلقيح اللوز

الشّكر

الشكر المتواصل للناشر، وفريق العلماء ولعملاء الصناعة على تشجيعهم المستمر على إنتاج هذا الكتاب. نحن نقدر بعمق الاجتهاد والتعاون والصبر من المؤلفين الذين قاموا بعمل رائع في الوقت المحدد لكتابة وتنقيح الفصول الخاصة بهم. وعلاوة على ذلك نحن نشكر المقيّمين للفصول على آرائهم الصادقة والمفيدة وانتقاداتهم واقتراحاتهم وتعديلاتهم. وقد تم إنجاز وتنفيذ هذه الجهود بمساعدة فنّي خدمات البحوث الزراعية (Ellen Klinger) و(Ellen Klomps) والمساعد الإداري (Amber Whittaker) للتأكد من تنظيم وتوحيد نسق الكتاب. نحن نقدر أيضاً الحرص من الباحثين المساعدين، الذين جعلوا من الممكن للمشاريع البحثية لدينا الاستمرار وكذلك لهذا الكتاب ليرى النور. وأخيرا نشكر داعمينا لدعمهم الكريم.

المحتويات

الباب الثاني: إدارة النحل البري

الباب الثالث: المخاطر البيئية المُرتبطة بالنحل

المساهمون في إعداد المؤلف

Mohammad Al-mazra'awi, Department of Environmental Biology, University of Guelph, Ontario, Canada.

Jordi Bosch, Ecologia–Centre de Recerca Ecologica Aplicacions Forestals (CREAF, Universitat Autonoma de Barcelona, Bellaterra, Spain.

James H. Cane, U.S. Department of Agriculture–Agricultural Research Service (USDAARS) Pollinating Insects Biology, Management, and Systematics Research Unit, Logan, Utah.

James E. Cresswell, School of Biosciences, University of Exeter, UK.

Karen Goodell, Evolution, Ecology, and Organismal Biology, Ohio State University, Newark, Ohio.

José M. Guerra-Sanz, Centro de Investigacion Formacion Agricola (CIFA) La Mojonera, Instituto Andaluz de Investigacion Formacion Agraria, Pesquera, Alimentaria de la Produccion Ecologica (IFAPA), La Mojonera, Almeria, Spain.

Rosalind R. James, U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service (USDA-ARS) Pollinating Insects Biology, Management, and Systematics Research Unit, Logan, Utah.

Jean-Pierre Kapongo, Greenhouse and Processing Crops Research Centre, Agricultureand Agri-Food Canada, Harrow, Ontario, Canada.

William P. Kemp, U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service (USDA-ARS) Red River Valley Agricultural Research Center, Fargo, North Dakota.

Peter G. Kevan, Department of Environmental Biology, University of Guelph, Ontario, Canada.

Claire Kremen, Department of Environmental Science Policy and Management, University of California, Berkeley.

Lora A. Morandin, Department of Environmental Policy and Management, University of California, Berkeley.

Theresa L. Pitts-Singer, U.S. Department of Agriculture–Agricultural Research Service (USDA-ARS) Pollinating Insects Biology, Management, and Systematics Research Unit, Logan, Utah.

Fabio Sgolastra, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali, Area Entomologia, Universita di Bologna, Italy.

Les Shipp, Greenhouse and Processing Crops Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Harrow, Ontario, Canada.

Carlos H. Vergara, Departamento de Ciencias Quimico-Biologicas, Universidad de las Americas-Puebla, Cholula, Puebla, Mexico.

الباب الأول

خدمات تلقيح النباتات بواسطة النحل

● النحل في الطبيعة والمزرعة ● خدمات النحل البري في تلقيح المحاصيل ● التلقيح في البيوت المحمية ● نحل التلقيح ضروري جداً لزراعة بذور الأزهار البرية لإعادة تأهيل المناطق الطبيعية بالولايات المتحدة الأمريكية ● نحل العسل والنحل الطنّان والمكافحة الحيوية: علاقة جديدة لصداقة قديمة

الفصل الأول

النحل في الطبيعة والمزرعة

Theresa L. Pitts-Singer and Rosalind R. James

مقدمة

عندما نذكر أمام الناس أننا نعمل في "مختبر النحل"، يتخيل معظمهم تلقائياً أننا نلبس بدلة النحال، ونقف وراء صناديق خلايا النحل، ونحبس أنفاسنا وسط وابلٍ من نحل العسل. على الرغم من أن تسهيلات البحث المقدمة لنا هي واحدة من خمسة مختبرات تابعة لدائرة الخدمات الزراعية بالولايات المتحدة والمخصصة للأبحاث في مجال النحل، إلا أن عمل وحْدَتِنا يتركز على أنواع النحل الأخرى الغير مخصصة لغايات إنتاج العسل، وتُعتبر ذات أهمية في عملية التلقيح. أما الوحدات البحثية الأربع الأخرى فإن عملها يتعلق بنحل العسل، واختبار النواحي البيولوجية المختلفة له، والسيطرة على الآفات والإدارة والتلقيح. ولأن فهمنا قد تطور لأهمية أنواع النحل المختلفة كملقحات في النظام الزراعي، فقد قمنا بتأليف هذا الكتاب.

يوضح هذا الكتاب أهمية كل من النحل البري والنحل المُربى في النظام البيئي والزراعي. وفي معظم الجوانب الزراعية، فإن الدور الحيوي الذي تلعبُه الملقحات في إنجاح زراعة المحاصيل أو إنتاج البذور واضحٌ ومباشر. حيث يتم استخدام خلايا النحل المرباة تجاريا بشكلٍ واسع في الحقول الإنتاجية والحدائق الصغيرة والأماكن الزراعية

المغلقة مثل البيوت المحمية والبيوت المغطاة بالشاش. وعلى الرغم من أن الأغلبية تمنح نحل العسل الفضلَ الأكبر في عمليات التلقيح، إلا أن هناك دوراً للنحل الطنّان الذي يتم إنتاجة بهدف التلقيح، وكذلك فإن لأنواع النحل غير الاجتماعية الأخرى أثراً عظيماً في إنتاج بعض السلع الزراعية، والنحل البري يُوفر تلقيحاً مجانياً لا يتم في الغالب مُلاحظته. على أية حال، جميع هذه الأنواع والأصناف من النحل تُعتبر قيّمة وفعالة في عملية نقل حبوب اللقاح من نباتٍ إلى آخر. وفي الوقت الراهن، مع تزايد القلق من حالات فقدان خلايا نحل العسل مجهولة الأسباب، والتي يُطلق عليها ظاهرة انهيار أو فقدان خلايا النحل، فإنه يبدو من الأهمية بمكان تسليط الضوء على أنواع النحل الأخرى والتي يمكن إدارتها من أجل عمليات التلقيح.

ما هي أهمية النحل المُربى والنحل البري في النظام البيئي الزراعي لعملية إنجاح إنتاج البذور والفواكه والخضراوات؟ ما هي مساهمة النحل في تعظيم إنتاج المحاصيل وما هو تأثير إدارة وتحكم الإنسان بالنحل والنبات العائل أو المضيف؟ هل نعرف كيفية استخدام النحل الخاضع للإدارة بأكثر الطرق فعالية وأكثرها استدامةً وعوائدَ اقتصاديةٍ مجزية؟ هل عمليات الاستخدام الجديدة والإبداعية للنحل المربى تنتظر الاكتشاف أم التطبيق؟ ما هو دور كل من مجتمعات النحل المربى والنحل البري في الطبيعة وفي المعطيات التجارية؟ إن الوصول إلى إجاباتٍ لمثل هذه الأسئلة وطرح أسئلة جديدة بناء على هذه الإجابات هي أهداف هذا الكتاب.

تلقيح المحاصيل باستخدام النحل والحشرات الأخرى بالأنظمة الزراعية في المناطق المعتدلة والإستوائية تم استعراضه بطريقة موسعة في العديد من الكُتب العلمية المفيدة. هذه الكتب في العادة مرتبة حسب نوع المحصول أو عائلة النبات أو أصناف المُلقحات واستخداماتها في عملية إنتاج البذور أو محاصيل الفاكهة. على أية حال، هذه الكتب لا تُقدم نظرة شاملة حول بيئة النحل في النظم الزراعية. هناك عوامل بيئية محددة لديها تأثير جزئي على قدرة النحل على التلقيح ومعدلات البقاء، وبطريقة معاكسة

فإن النحل يمكن أن يؤثر في النظام البيئي من خلال نشاط السروح وتفاعله مع النباتات والملقحات الأخرى وتوسعها وانتقالها في البيئات الجديدة. نحن ندعو الباحثين في مجال النحل والبيولوجيين المتخصصين في مجال التلقيح في التخصصات المختلفة بتسليط الضوء على دراسة أثر استخدام النحل في التلقيح على مستوى النظام البيئي. وفي هذا الكتاب، سلط المؤلفون الضوء على الفعالية الكلية وأثر كل من النحل المُربى والنحل البري في الحقول والبيوت المحمية والاستخدامات الجديدة كنشر الأعداء الحيوية الميكروبية للسيطرة على الآفات الحشرية بواسطة الملقحات. بعض المؤلفين الآخرين قدم تفاصيلَ وصعوبات إدارة النحل غير الاجتماعي في مجال إنتاج بذور البرسيم وإنتاج ثمار الفاكهة، بالإضافة إلى تطوير ملقحاتٍ جديدة لبذور المحاصيل غير الغذائية. وفيما يتعلق بالمخاطر البيئية، خُصصت الفصول الأخيرة لدراسة الوعي البيئي حول أهمية النحل بالإضافة إلى أهميتها في عملية إنتاج المحاصيل، مثل تأثير إدخال أنواع نحل جديدة على الملقحات والنباتات الأخرى، وتداخل النحل مع أصناف النباتات الدخيلة، وكيف أن النحل يمكن أن يتدخل في نقل الجينات داخل وخارج حقول المحاصيل الهجينة أو المحاصيل المعدلة وراثيا.

قمنا، وبشكلٍ مقصود، بحذف بعض المواضيع ذات العلاقة بدور النحل في النظام الزراعي. وقررنا أن لا نُخصص أي فصلٍ يتعلق بنحل العسل، وذلك لأن نحل العسل تم تناوله في العديد من المؤلفات الأخرى وبشكلٍ مستفيض. بدلاً من ذلك، قمنا بتغطية جوانب متعلقة بنحل العسل من خلال علاقتها بالموضوعات المختلفة في مناقشة هذا الكتاب. كذلك لم نتطرق إلى مناقشات مستفيضة حول النحل الغير لاسع في المناطق الاستوائية، لأن هذه الأنواع من النحل تُستخدم بشكلٍ ضيق ومتخصصة بسوقٍ ضيقة وصغيرة للعسل، كما إنه من غير الواضح وجود محاولات لاستخدامها بشكل واسع في المجال الزراعي. ولا يوجد معلومات واضحة ودقيقة حول درجة وأبعاد استخدام هذا النحل وكيفية تحقيق ذلك.

تعريف النحلة

ما هي النحلة بالتحديد، ولماذا النحل مهم في عملية التلقيح؟ التلقيح باستخدام النحل يمكن فهمه بطريقة جيدة إذا كان الشخص قادراً على التفريق بين أنواع النحل المختلفة وأنواع الحشرات الأخرى ذات العلاقة، ومن المعروف أن النحل والزنابير والنمل تقع في تاريخها الطبيعي والتطوري ضمن رتبة غشائية الأجنحة. أما وراثياً، فيُحدد جنس الحشرات التابعة لرتبة غشائية الأجنحة من خلال أليّة أحادي وثنائي الكروموسوم (Haplodiploidy). بالنسبة للنحل، هذا يعني أن الذكور لديها مجموعة واحدة من الكروموسومات (Haploid) والإناث لديها زوج من الكرموسومات (Diploid). ويعود سبب ذلك إلى أن ذكور النحل تُنْتَج من بويضاتٍ غير مخصبة، بينما الإناث تُنتج من بويضاتٍ مخصبة. تستطيع الأنثى التي تضع البيوض التحكم بعملية إخصاب البيض، وبهذه الطريقة تكون قادرةً على تحديد نسبة الجنس في الجيل الذي تُنتجه. نسبة الجنس في مجتمعات الملقحات مهمة، والسبب أن إناث النحل يلقحن عدداً أكبر من النباتات مقارنة بالذكور. الهدف الرئيسي من زيارة الإناث للنباتات هو جمع حبوب اللقاح والرحيق لتغذية نفسها وصغارها. أما الذكور، من ناحية أخرى، فتقوم بزيارة عددٍ كاف من النباتات من أجل تغذية نفسها فقط (ويمكن أن لا تزور أي نبات إذا كانت تحصل على الغذاء من الإناث، كما هو الحال في ذكور نحل العسل وذكور النحل الطنّان).

ينتمي النحل وكذلك الدبابير لفوق عائلة أبويدي (Apoidae). ويمكن أن يُميز النحل، ويسمى (Apiformis)، عن الدبابير بوجود شعر منتصب على الوجه (Michener, 2000). ويوجد اختلافات كبيرة بين أنواع النحل ووفرتها، حيث يوجد أكثر من ١٦ ألف نوع على مستوى العالم، (Michener, 2000). على الرغم من أن العدد الحقيقي لأنواع النحل غير معروف حتى الآن، لأن العديد من الأنواع لم يتم تسميتها وتصنيفها، كما أن بعضها لم يتم تعريفه أو اكتشافه بعد. مصادر عديدة تعطي

إجاباتٍ عديدة حول التنوع الحقيقي للنحل، والتباين في الإجابة يعتمد على عدد الأنواع التي تم التعرف عليها وقت نشر المؤلف وكيفية تصنيفها. على سبيل المثال، بالنسبة للمنطقة الشمالية والوسطى من الولايات المتحدة، يمكن للشخص أن يجد تقارير تشير إلى وجود ما بين ٧٧-١٦٥ جنساً من النحل، والتي تمثل ما بين ٢٦٠٠ و ٤٩٠٠ نوع (Krombein et al., 1979; Michener et al., 1994; Michener, 2000).

بطريقة مغايرة للدبابير المفترسة، النحل جامع لحبوب اللقاح، (باستثناء النحل الذي ليس له زبانة *Trigona spp.*، والذي يتغذى على الجيف). ومن المحتمل أن النحل قد أتى للوجود قبل حوالي ١٢٠ مليون سنة، في منتصف العصر الطباشيري، قبل إشعاع النباتات مغطاة البذور (Radiation of Angiosperms) (Grimaldi and Engel, 2005). ولأن معظم النحل الحديث يعتمد على أزهار النباتات مغطاة البذور، بما في ذلك حبوب اللقاح والرحيق والزيت، يعتبر التداخل بين تطور النحل ومغطاة البذور تداخلاً منطقياً. وأدى التطور التعاوني بين النحل والزهور أدى إلى عملية تكيّف في بعض الصفات الظاهرية لكل من الحشرات والنباتات، وحاجة بعض النباتات لعملية التلقيح من قبل النحل تعتبر أساسيةً ولا غنىً عنها.

بعد مرحلة التطور السابقة، طور النحل علاقة تفضيل مع نوع أو أكثر من النباتات (Oligolecty)، ولكن البعض الآخر كان له تفضيل عام وأوسع لمجموعة كبيرة من أزهار النباتات (Polylecty). وعلى العكس، بالنسبة لبعض النباتات فإن نوعاً واحداً من النحل أو أنواعًا قليلة قادرة على تلقيح هذه النباتات مع وجود سلوكٍ مناسب أو شكل وتركيب زهري متلائم، وهذا النحل ينجذب إلى النبات من خلال الرائحة المميزة أو المظهر الشكلي الخارجي (Barth, 1991; Proctor et al., 1996). في حالة واحدة على الأقل، نبات يسمى الكامو القاتل (Death Camas) ينتج مواد سامةً ليحمي نفسه من آكلات الأعشاب، وأنواع قليلة من النحل فقط قادرة على هضم واستهلاك حبوب اللقاح السامة لهذا النبات (على سبيل المثال، Tepedino, 2003). لكن حبوب

اللقاح ليس المنتج النباتي الوحيد الذي يتأثر بعلاقة التطور التكيّفية. فالرحيق يتواجد في مناطق معينة من الزهرة تسمى غدد الرحيق، وفي بعض الأحيان الشكل الخارجي للزهرة يُحدد إمكانية الوصول لهذا المصدر وبالتالي الحاجة إلى حشرة للقيام بوظيفة معينة أو الوصول إلى الشكل المناسب (مثال، طول لسان النحلة أو حجم الجسم، (Barth, 1991; Free, 1993; Proctor et al. 1996).

طَور النحل أيضاً العديد من النظم الاجتماعية. النحل الشائع الاستخدام في عملية التلقيح يقع ضمن تصنيف حشرات اجتماعية حقيقية أو اجتماعية بدائية أو نحل انفرادي. الحشرات الاجتماعية الحقيقية تتضمن جميع أصناف النمل، بعض الزنابير، النحل والنمل الأبيض. وأفراد غشائية الأجنحة الاجتماعية يمكن أن تُعرف من خلال ثلاث صفات رئيسة: (١) واحدة أو مجموعة إناث فقط تقوم بوضع البيض (٢) المستعمرة تتألف من أفرادٍ بأجيالٍ متداخلة، وتتضمن أيضاً ملكة أو أكثر بالإضافة إلى الأبناء الذكور والإناث، و(٣) التعاون برعاية الحضنة في المستعمرة. ولا يوجد فرضية واحدة كافية لشرح كيفية تطور النظرية الاجتماعية الحقيقية، أو كيفية استدامتها. تم الافتراض بأن الإيثار والسلوك التعاوني يمكن تفسيرهما من خلال الارتباط والتقارب الوثيق بين الأفراد في المستعمرة، ولكن مثل هذه الفرضية لا تُوضح بشكل كامل التعقيد الاجتماعي للحشرات التي تعيش في المستعمرات، فليس كل مجتمعات الحشرات الاجتماعية تتألف من أفراد ذات تقارب وثيق. التكاثر والتعاون في المستعمرة عادةً يتم السيطرة عليهما من خلال الملكة. ففي مجتمع نحل العسل الاجتماعي، تمتلك الملكة السيادة والسيطرة على وضع البيض والتكاثر مقارنة بالعاملات من خلال إنتاج مركبات كيماوية تسمى المادة الملكية. في مجتمع النحل الطنّان شبه الاجتماعي، فإن الفرمون الملكي أو المادة الملكية لم يتم تطويرها بشكلٍ كافٍ، والسلوك العدواني نحو البيض الذي يتم وضعه من الأفراد الأخرى هو استراتيجية التحكم المتوفرة (Michener, 1974).

في نحل العسل، الملكة الأنثى والعاملات يختلفن وبشكل واضح في السلوك، والوظيفة والشكل الخارجي. النحلة الملكة ستموت إذا تُركت بدون عاملات، لأن وظيفتها انحصرت فقط بالتزاوج والتكاثر، وليس من أجل الإطعام أو العناية بالحضنة. مستعمرات نحل العسل تعيش أيضاً لفترة طويلة وتقوم بتخزين الطعام لجميع أفراد المستعمرة لاستخدامها في أوقات قلة الطعام أو في الظروف الجوية غير المناسبة وفي فصل الشتاء. شكل الملكات في مجتمع النحل الطنّان شبه الاجتماعي مشابه للعاملات ولكنها أكبر حجماً. بطريقة مغايرة لنحل العسل، ملكات النحل الطنّان تعيش لوحدها في بداية حياتها، وتقوم بالمشاركة في أعمال رعاية الحضنة لحين ظهور الجيل الأول من العاملات. النحل الطنّان يقوم بتخزين كميات من العسل واللقاح للبالغين والحضنة، ولكن الخلية عمرها قصير ولا تقاوم أثناء فصل الشتاء (Michener, 1974; Heinrich, 1979). فقط الجيل الجديد من الإناث مسؤول عن التكاثر، تقوم بعملية التزاوج وتدخل في سبات في فصل الشتاء. على أية حال، فإن مستعمرات النحل الطنّان الأوروبي *Bombus terrestris* تقاوم أثناء أشهر فصول الشتاء المعتدلة في بريطانيا ونيوزلندا، والتي تُظهر المرونة النوعية في هذا النحل (Goulson, 2003). وهناك أنواع نحل اجتماعية أخرى تتضمن نحل العرق Sweat bees (Halictinae) وكذلك نحل الخشب Carpenter bees (Xylocopinae; Michener, 1974).

في الكثير من الحالات، فإن كل أنثى في النحل الانفرادي تعمل "ملكة" و"عاملة" بنفس الوقت. فهي لا تشكل مُستعمرات ولا يوجد لديها تراكيب المستعمرات الاجتماعية. الأنثى الفردية تَبني عشها الخاص بها وبعدها توفر طعاما لأبنائها على شكل كتلة من حبوب اللقاح والرحيق. بعد ذلك عادة ما تموت أو تبتعد بدون تقديم عناية لأبنائها وقبل أن يُكمل جيْلها تطوره. نتيجةً لذلك، لا يوجد فرصة للتعاون بين إناث الجيلين. حياة البالغين لهذا النحل قصيرة، فقد تستمر فقط لعدة أسابيع. النحل الانفرادي يمكن أن يبني عشه وحيداً، وقد يبني عشاً جماعياً. بشكل عام يحدث

التجمع في أعشاش النحل الانفرادي بين الأنواع التي تبني أعشاشاً في الأرض، ولكن النحل الذي يبني أعشاشه في تجاويف يمكن أن يُشكل تجمعات إذا كان مكان العش يسمح بذلك، كما هي الحال في نحل النوميا والنحل البنّاء والنحل قاطع الأوراق (Michener, 1974). ويلاحظ استعداد بعض أنواع النحل الانفرادي لتشكيل تجمعات أعشاش تجعلها بشكل خاص قابلة للإدارة في العمليات الزراعية وذلك بسبب سماحها للمزارعين بإيجاد أماكن تعشيش مكثفة للنحل.

التلقيح الفعّال

لماذا يعمل النحل كملقح فعال ونشيط؟ يعتبر النحل الملقح الأفضل. ويتفوق النحل على الحشرات الأخرى في تلقيح العديد من المحاصيل، ويعود السبب وراء ذلك إلى التصاق حبيبات اللقاح بواسطة الشعيرات الكثيرة المنتشرة على جسم النحلة، والتخصص في التعامل مع بعض الأزهار، وسلوك السروح وجمع حبوب اللقاح والرحيق، بالإضافة إلى الاعتماد على منتجات الأزهار في تربية صغارها (Free, 1993). ما هي الفائدة التي يجنيها النحل من النبات؟ بالنسبة للنحلة، يتعلق الأمر بجمع حبوب اللقاح والرحيق وفي بعض الأحيان جمع الزيوت الضرورية. وهذه العناصر تُنتج من خلال النبات وتُجمع من قبل النحل كطعام للحضنة (Brood) وكمصدر للطاقة بالنسبة للشغالات البالغة. ما هي الفائدة التي تجنيها النباتات من النحل؟ بالنسبة للنباتات المزهرة، فالفائدة تتمثل في تحسين الإنتاج وانتشار المورِّثات. النباتات تستفيد عندما تتصل النحلة مع الجهاز التناسلي للزهرة. نشاط النحلة يزيد حركة حبوب اللقاح مما يؤدي إلى نقل النحل لحبوب اللقاح من زهرة إلى زهرة ومن نبات إلى آخر، وتضعها على مياسم النباتات المُسْتقبلة وبالتالي حدوث عملية التلقيح الخلطي (Cross-pollination).

ويؤمن معظم الناس بأن حبوب اللقاح عبارة عن غذاء يحتوي على كميات عالية من البروتين تتغذى عليه يرقة النحل. في الحقيقة تحتوي حبوب اللقاح على

١٦-٦٠٪ بروتين، ولكنها أيضاً تعتبر مصدراً للدهون، النشا، السكر، الفوسفات والفيتامينات والاستيرولات (Standifer et al., 1968; Svoboda et al., 1983; Buchmann, 1986; Barth, 1991; Proctor et al., 1996). وتوفر معظم الأزهار حبوب اللقاح والرحيق معاً، ولكن بعض الأزهار توفر حبوب اللقاح فقط. يتوفر في الزهرة الملايين من حبوب اللقاح ليتم جمعها من قبل النحلة، وتؤدي كميات حبوب اللقاح وفرةً في مصدر المادة الوراثية التي تُساعد في تكاثر النبات، بالإضافة إلى ذلك تُعتبر مصدراً غذائياً أساسياً لتكاثر ملقحات النبات (Barth, 1991; Proctor et al., 1996).

ويعتبر الرحيق عادةً مصدراً للكربوهيدرات ويُقدم كجائزة أو بدل أجر "مكافئة" للملقحات. ويتكون الرحيق بشكل رئيس من السكر بنسبة تتراوح ما بين ١٥-٧٥٪ بالإضافة إلى الماء. ولكن هناك أيضاً مكونات أخرى مثل الأحماض الأمينية، البروتينات، الأحماض العضوية، الفوسفات، الفيتامينات، والأنزيمات. وبخلاف ما هو موجود في حالة حبوب اللقاح، فإن الرحيق لا يُنقل بين الأزهار بواسطة النحل، وليس له دورٌ مباشر في تكاثر النبات. على أية حال، كون الرحيق يجذب الحشرات للزهرة وهو مكون حيوي لتغذية اليرقات، فإن الرحيق وبطريقة غير مباشرة يساعد في عملية التلقيح. تُنتج بعض النباتات زيوتاً يتم جمعها من قبل النحل. الأصناف التي تَجمع الزيوت تشمل النحل الانفرادي في عائلات أندرينيدي (Andrenidae)، وأنثوفوريدي (Anthophoridae)، وميلتيدي (Mellitidae)، وكذلك النحل الأرجواني من عائلات أبيدي (Apidae) وتحت العائلة أبينيي (Apinae) ويوغلوسيني (Euglossini). بالاعتماد على النوع، هذا النحل يجمع الزيت لخَلطه مع حبوب اللقاح (ويمكن أن يضاف لها الرحيق) كمصدر غني بالدهون بالنسبة لليرقة. ويمكن أن تستخدم بعض أنواع النحل الزيت في صناعة خلايا مبطنة مقاومة للمياه. تجمع ذكور نحل الأوجلوسين (Euglossine) زيوت الأزهار من نباتات الزينة المختلفة وتستخدمها كمصدر جذب للتزاوج (Proctor et al., 1996; Roubik and Halson, 2004) وأثناء جمع الزيت، تعمل هذه الذكور كملقحات أيضاً.

احتياجات النحل

يُعد التلقيح بواسطة النحل جزءًا من نظامٍ إنتاجي متكامل يهدف إلى زيادة إنتاجية العديد من المحاصيل. ويمكن تحقيق أنجع عملية تلقيح عندما يُطَبق المزارعون إستراتيجيات تأخذ بالاعتبار احتياجات النحل. وفي معظم الأنظمة الزراعية التي تتطلب التلقيح باستخدام الحشرات، فإن التعامل مع الملقحات لا يمكن أن يتم بالطريقة التي يتم فيها إضافة سماد أو مبيد عشبي. سواء أكان مُرَبًّى أو موجوداً في الطبيعة، النحل بحاجة إلى غذاء ومأوى آمن من أجل العيش والتكاثر. إذا توفرت احتياجات النحل، عندها ستتوفر مجتمعات الملقحات من أجل توفير الخدمة سنة بعد سنة.

بالنسبة للنحل المُربى، فإن وقت إطلاق النحل يجب أن يكون متزامناً مع إزهار المحصول حيث تكون المصادر متوفرة للنحل وبالتالي تتم عملية التلقيح في الوقت المحدد. إذا كان المحصول خارج فترة الإزهار وقت إطلاق النحل، فيجب توفير نباتات أخرى مزهرة لحين إزهار النبات المطلوب تلقيحه، أو أن يتم تطبيق أي إستراتيجية أخرى. على سبيل المثال، يمكن أن تُثبط عملية تطور النحل الانفرادي المربى بتعريضه للبرودة لفترة قصيرة من أجل تأخير وقت ظهوره، ليتزامن مع فترة الإزهار. وفي حال الفشل في توفير مصدر غذائي من الأزهار لنحلٍ نشط سيؤدي ذلك إلى تقليل نجاح عملية تكاثر النحل، وفي بعض الأحيان يمكن أن يؤدي ذلك إلى ترك المحصول والبحث عن مرعى بديل. بالإضافة إلى ذلك، فإن توفير مكان كافٍ وملائمٍ للأعشاش سوف يسمح ببقاء أفضل وتكاثر أفضل للنحل. أما في حالة غمر المحصول بالملقحات (مثلا من خلال استئجار خلايا النحل) فإن ذلك يسمح بأكبر عملية تلقيح للمحصول، ولكن في حال استخدام وسائل بديلة لعملية استئجار الخلايا من خلال توفير مصادر غذاء دائمة وكافية للنحل فإنها ستقلل من التنافس على الغذاء ومصادر التعشيش وتوفر إنتاجا أكبر من المحصول ومعدلات تكاثر أكبر للنحل.

تجارياً يمكن أن تشكل تربية النحل مشكلةً بسبب ديناميكية تربية هذه الملقحات، بالإضافة إلى القيام بهذا العمل ضمن مساحة ضيقة في غرف التربية المتحكم بها. فقد تؤدي هذه التربية المكثفة إلى ظهور الأمراض ويتوقف أو يضعف عندها الإنتاج التجاري لهذه المُلقحات، والأبحاث متواصلة عن النحل (الذي يربى منزلياً منذ آلاف السنين كنحل العسل) والنحل المربى منذ عقود عدة (كنحل أوراق البرسيم والنحل الطنّان) أو نحل على طريق الإنتاج التجاري (مثل النحل البنّاء ونحل البساتين الأزرق).

بالإضافة إلى تربية النحل، يجب التعرف على الفوائد من النحل البري (غير المربى) في أنظمة المحاصيل. لقد عرض Mark Wiston (1997) وجهة نظر شاملة حول تأثير ممارسات تربية النحل التي يُمكن أن تثبط عملية التلقيح باستخدام النحل البري وذكر ما يلي: "وسبب عدم زيارة النحل البري للمحصول لا يزال غير واضح فهل هو متعلق ب: المبيدات، قلة التنوع الزهري، تدمير أماكن السكن والمنافسة مع النحل المربى" (Winston, 1997, 119-120).

على الرغم من أن النحل البري لا تتم تربيته، وبطريقة مغايرة للنحل التجاري، فإن بعض الممارسات داخل أو قرب المزرعة يمكن أن تُشجع وتزيد من وفرة زيارات النحل البري للأزهار. إذا كان النحل المحلي يقوم بعملية التلقيح في النظام المحصولي، فإن إضافة الملقحات المرباة يمكن أن تُسبب منافسة على الغذاء ومواقع الأعشاش، والتي يمكن أن تؤدي إلى تقليل عملية التلقيح الطبيعية. النحل الطنّان البري، ونحل الخشب، ونحل العرق والنحل البنّاء وأنواع أخرى سوف تزور أزهار المحصول في حال توفر مسكن ملائم. والمسكن الملائم هو ذلك المكان الذي يتوفر فيه الغذاء وأماكن التعشيش. سواءً تُبنى طبيعياً أو صناعياً، فإن وجود قطع من الأرض غير المعالجة أو وجود جسور يمكن أن تزيد من تجمع أعشاش النحل مثل نحل النوميا "النحل القلوي" ونحل العرق. وجود بقايا خشبية قديمة، أو هياكل قديمة يمكن أن تكون جاذبة لأنواع من النحل مثل نحل الخشب (Carpenter bees) والنحل الطنّان

(Bumblebee) من أجل بناء الأعشاش. سيقان النباتات القديمة، والقصب المفرغ أو ألواح فيها ثقوب محفورة يمكن أن تشكل أماكن لبناء أعشاش النحل قاطع الأوراق أو النحل البنّاء. وجود أزهار طبيعية أو إضافة نباتات مزهرة يمكن أن تشكل مصدراً بديلاً لحبوب اللقاح والرحيق من أجل إبقاء النحل في مكان الإنتاج قبل عملية إزهار المحصول أو بعد انقضاء فترة إزهار المحصول. ولذلك، في حال توفر أزهار المحاصيل الأكثر جاذبيةً للنحل بشكلٍ كافٍ، فإن النحل سوف يكون متوفراً من أجل تلقيح المحصول، وفي حال اختفاء أزهار المحصول، فإن النحل سوف يكمل بناء أعشاشه.

الاستنتاجات

يُعد النحل حيوياً للغاية لحياة الإنسان. منتجات النباتات التي يتم تلقيحها بواسطة النحل بما في ذلك الفواكه، والخضراوات والمحاصيل البذرية، تزيد ليس فقط من غذاء الإنسان بل الحيوانات التي يربيها الإنسان للاستهلاك والرفاهية. كما أن تقدير العلاقة بين النباتات والملقحات في الوقت والمكان المناسبين سوف يعمل على تأمين إنتاج المحاصيل في المستقبل. تهدف فصول هذا الكتاب إلى توفير معلومات قيمة وتفكير عميق حول فهم تأثير النحل في ديناميكية النظام الزراعي البيئي في المجتمعات الحديثة.

المراجع العلمية

Barth, F. G. (1991). Insects and flowers: The biology of a partnership. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Buchmann, S. L. (1986). Buzz pollination in angiosperms. In C. E. Jones and R. J. Little (Eds), Handbook of experimental pollination biology (73-113). New York: Van Nostrand Reinhold.

Free, J. B. (1993). Insect pollination of crops (2nd ed.). London: Academic Press.

Goulson, D. (2003). Bumblebees: Behaviour and ecology. Oxford: Oxford University Press.

Grimaldi, D., and Engel, M. S. (2005). Evolution of the insects. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Heinrich, B. (1979). Bumblebee economics. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Krombein, K. V., Hurd, P. D., Smith, D. R., and Burks, B. D. (1979). Catalog of Hymenoptera in America north of Mexico (Vol. 2). Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

Michener, C. D. (1974). The social behavior of the bees. Cambridge, MA: Belknap Press.

---- (2000). The bees of the world. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Michener, C. D., McGinley, R. J., and Danforth, B. N. (1994). The bee genera of North and Central America. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

Proctor, M., Yeo, P., and Lack, A. (1996). The natural history of pollination. Portland, OR: Timber Press.

Roubik, D. W., and Halson, P. E. (2004). Orchid bees of tropical America: Biology and field guide. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad.

Standifer, L. N., Devys, M., and Barbier, M. (1968). Pollen sterols-A mass spectrographic survey. Phytochemistry 7, 1361-1365.

Svoboda, J. A., Herbert J., E. W., Lusby, W. R., and Thompson, M. J. (1983). Comparison of sterols of pollens, honeybee workers, and prepupae from field studies. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 1, 25-31.

Tepedino, V. J. (2003). What's in a name? The confusing case of the Death Camas bee, Andrena astragali Viereck and Cockerell (Hymenoptera: Andrenidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 76(2), 194-197.

Winston, M. L. (1997). Nature wars: People vs. pests. Cambridge, MA: Harvard University Press.

الفصل الثاني

خدمات النحل البري في تلقيم المحاصيل

Claire Kremen

مقدمة

تاريخياً، كانت احتياجات تلقيح المحاصيل تُغَطى من خلال الملقحات البرية التي تعيش بين المزارع (Kevan and Phillips, 2001)، ولا يزال ذلك متبعاً في النظم الزراعية غير المكثفة (مثال Ricketts et al., 2004; Morandin and Winston, 2005). في العديد من المحاصيل الحديثة والتي تتطلب ملقحاً حيوانياً، تتم إدارة عملية التلقيح كما هو الحال في إدارة النواحي الزراعية الأخرى، وذلك من خلال إحضار عدد كبير من الملقحات المرباة تجارياً مباشرةً إلى الحقل الذي يحتاج إلى تلقيح.

تم التعامل مع اثني عشر نوعاً فقط بطريقةٍ تجارية لتُستخدم في عملية التلقيح (Parker et al., 1987; Batra, 2001) ، وعلى الرغم من أن هناك آلاف الأنواع الأخرى من الملقحات وخاصة أنواع النحل الأخرى والتي تساهم في تلقيح المحاصيل (Nabhan and Buchmann, 1997). فإن أكثر الملقحات استخداماً، والذي يمتلك تاريخاً طويلاً في عملية التربية، هو نحل العسل (*Apis mellifera*) (Crane, 1990)، ويغطي حوالي ٩٠٪ من خدمات التلقيح بشكلٍ عام (Calderone، اتصال شخصي، ٢٠٠٥). إن مدى اعتمادنا على هذا النوع الوحيد للقيام بهذه الخدمة المهمة ينضوي على

بعض المجازفة. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، كميات نحل العسل المرباة قلت بمقدار ٥٠٪ في الخمسين سنة الماضية (National Research Council, 2007) بسبب حلم الفاروا (Morse and Goncalves, 1979, Beetsma, 1994) *Varroa destructor* والذي يعمل على إضعاف أفراد الخلية ونقل الأمراض. كما أن حلم الفاروا *Varroa* mite طور مقاومة ضد مبيدات الحلم (Elzenand Hardee, 2003)، وأدى هذا إلى موت أعداد كبيرة من خلايا النحل خلال فصل الشتاء في بعض السنوات (على سبيل المثال ٥٠٪ من خلايا النحل فُقدت في مناطق واسعة من الولايات المتحدة)، مما أثر في وفرة نحل العسل المُستخدم في خدمات التلقيح خلال السنوات العديدة الماضية تأثيراً كثيراً (National Research Council, 2007). ولم يؤثر حلم الفاروا *Varroa* mite على وفرة نحل العسل في الولايات المتحدة فحسب ولكن أيضاً في أوروبا والشرق الأوسط (Gritfffiths, 1986; Komeili, 1988).

هناك بديلان غير حصريين للاعتماد على نحل العسل، أولاً: تربية وإيجاد أنواع تجارية أخرى إضافية (Parker et al., 1987; Kevan et al., 1990)، وثانياً: الحفاظ على مجتمعات الملقحات البرية في المزارع أو حولها والعمل على زيادتها (Batra, 2001). هذا الفصل يهتم بالبديل الثاني.

الخدمات المقدمة من مجتمعات النحل البري

نحن لا نعلم كم عدد أنواع النحل البرية والتي يمكن أن تساهم في تلقيح المحاصيل، ولا نعلم نسبة تلقيح المحاصيل الناتجة عن زيارة هذه الأنواع لها. ولكن يُعتبر النحل من أهم الملقحات للعديد من المحاصيل وسُجلت زيارات تصل إلى ٧٣٪ لأنواع المحاصيل المختلفة والتي تتطلب تلقيحاً على المستوى العالمي (Nabhan and Buchmann, 1997). الآلاف من أنواع النحل تزور المحاصيل عالمياً (Free, 1993)، ولكن القليل من المسُوح (دراسات الحصر) المضنية نُفذت لدراسة هذا الموضوع. في الشمال الشرقي لأمريكا الشمالية وحدها،

هناك حوالي ١٩٠ نوعاً من النحل مرتبطةً مع تلقيح أصناف العليق الأزرق القصيرة (Kevan et al., 1990). وفي موقع واحد في كاليفورنيا، سجل العاملون ٦٦ نوعاً من النحل يزور أصنافاً معينة من المحاصيل في الربيع والصيف (Kremen et al., 2002a). تتضمن الملقحات البرية للمحاصيل أيضا الذباب، الدبابير، الفراش، العثث، الهاموش، الترس، الخنافس، الطيور والخفافيش (الموز)، والتي تمثل ٣٣٧ جنساً من اللافقاريات و٧ أجناس فقارية (Roubik, 1995; Nabhan and Buchmann, 1997).

تسهم الملقحات البرية في تلقيح المحاصيل بأربع طرق. الأولى، يمكن أن تحل مكان الخدمات المقدمة من الملقحات المرباة تجارياً، بحيث يكون الإحلال كلياً أو جزئياً. الثانية، يمكن أن تزيد الملقحات البرية من فعالية الخدمات المقدمة من قبل الملقحات المرباة تجارياً من خلال بعض السلوك المميز لها. الثالثة، يمكن أن توفر خدمات لبعض النباتات التي لا تُلقح بطريقة فعالة من قبل الملقحات المرباة. الرابعة، يمكن أن تزيد إنتاجية النباتات ذاتية التلقيح والتي لا تُستخدم الملقحات بالعادة لتلقيحها. وعلى العكس، يمكن أن تُقلل الملقحات البرية من تلقيح المحاصيل بعدة طرق، من خلال سرقة الرحيق والمنافسة على حبوب اللقاح مع الملقحات الأخرى ذات القدرة العالية في التلقيح، أو من خلال نقل حبوب لقاح مغايرة تعمل على إغلاق الميسم.

عندما يوفر النحل البري خدمات مماثلة لتلك المقدمة من الملقحات المرباة، فإنها ستعمل جزئياً أو كلياً على إحلال تلك الملقحات. في إنتاج البطيخ في شمال كاليفورنيا، يستورد المزارعون نحل العسل لتوفير عملية التلقيح. على الرغم من أن فعالية التلقيح قليلة مقارنة مع أنواع النحل الأخرى، إلا أن نحل العسل يُساهم بشكلٍ كبيرٍ في عملية التلقيح بسبب أعداده العالية وانتشاره الواسع في مثل هذه الظروف. ويتوفر حوالي ثلاثين نوعاً من النحل المحلي تقوم بزيارة أزهار البطيخ في هذه المنطقة، وتساهم في عملية التلقيح، وعلى الرغم من أن هذه الأنواع لا تتواجد بشكلٍ كبير من حيث الأعداد مقارنة بنحل العسل إلا أنها تساهم بحوالي ٢٨-١٠٠٪ من احتياجات التلقيح للبطيخ

(مدى ٦-١٠٠٪)، بالاعتماد على بيئة المزرعة. تتلقى المزارع العضوية القريبة من البيئات الطبيعية (التي فيها كثافة زراعية قليلة) جزءا كبيراً من احتياجات التلقيح من مجتمعات النحل البري، هذه المزارع لا تَستَورد نحل العسل إلى مزارعها أبداً، ومساهمة نحل العسل تحصل بشكلٍ غير مبرمج، كما أن أعداد نحل العسل المتواجد بالمزرعة أو حولها غير كافية لتوفير الخدمات التي يحتاجون إليها. لذلك فإن مثل هؤلاء المزارعين يعتمدون إلى حد ما على الملقحات البرية في تلقيح محاصيلهم. على الجهة المقابلة من مستويات الزراعة الكثيفة، المزارعون التقليديون البعيدون عن المواطن الطبيعية للنحل البري لا يحصلون على عملية تلقيح كافية من النحل البري، وبالتالي يستورد هؤلاء المزارعون خلايا نحل العسل من أجل توفير احتياجاتهم من الملقحات، على الرغم من أنهم يحصلون على بعض المنافع والخدمات المجانية من النحل البري، مع أنهم قد يكونون غير مدركين لهذه المنافع (Kremen et al., 2002a, 2002b, 2004).

يمكن أن تزيد بعض سلوكيات النحل البري من فعالية خدمات التلقيح المقدمة. أولا، يمكن أن تزيد هذه السلوكيات من فعالية التلقيح في الزيارة الواحدة لنحل العسل من خلال السلوك التفاعلي. هناك فقط مثال واحد موثق حول هذه الظاهرة (Greenleaf and Kremen, 2006b)، ولكنها تبدو أكثر انتشاراً في الأنماط الزراعية التي تتطلب حركة الملقحات بين الأصناف النباتية المزروعة من أجل نجاح عملية إنتاج الثمار أو البذور (على سبيل المثال، أنظمة إنتاج البذور الهجينة والعديد من المحاصيل البستانية). في إنتاج بذور نبات دوار الشمس، يزرع المزارع ٤ صفوف من النباتات المؤنثة المنتجة للرحيق وعقيمة حبوب اللقاح لكل ٦-١٠ صفوف من النباتات الذكرية المنتجة لحبوب اللقاح والرحيق بطريقة تبادلية. وتوزع خلايا نحل العسل بمعدل ٢-٢,٥ خلية لكل هكتار، على الرغم من ذلك، فإن نقص التلقيح يعتبر أحد العوامل التي يَعزو لها المزارعون انخفاض الإنتاج. تقوم أفراد نحل العسل بجمع حبوب اللقاح أو الرحيق (Free, 1963). ولذلك يمتلك نحل العسل فعالية تلقيح قليلة في حالة نبات دوار الشمس

الهجين مقارنة بعملية التلقيح التي يقوم بها النحل البري. (بمعدل ٣ بذور/زيارة مقارنة مع ١٩ بذرة/زيارة في حالة النحل البري). هناك علاقة خطية قوية بين فعالية عملية التلقيح في كل زيارة لنحل العسل ودرجة ثراء وانتشار النحل البري الذي يعمل على زيادة عقد البذور "في كل زيارة لكل نحلة عسل" لخمسة أضعاف حيث إن التفاعل بين نحل العسل والنحل البري الموجود بكثافة يؤدي إلى انتقال نحل العسل بشكل أكبر من صفوف الذكور إلى صفوف الإناث، وهذا يؤدى إلى زيادة فعالية الزيارة. وبشكل عام، على الرغم من أن مساهمة النحل البري قليلة في زيادة التلقيح في نباتات دوار الشمس بشكلٍ مباشر، إلا أنها ساهمت في مضاعفة فعالية نحل العسل وكذلك مضاعفة خدمات التلقيح التي يقدمها نحل العسل (Greenleaf and Kremen, 2006b).

ثانياً، إنتاج بذور وعقد ثمار أفضل يمكن أن يتحقق من خلال التكامل بين نشاطات نحل العسل والنحل البري مجتمعين وليس من كل مجموعة لوحدها. في الفراولة، سلوك وشكل النحل البري تعمل بشكل أفضل في تلقيح قاعدة المياسم، بينما نحل العسل يساعد في تلقيح المياسم العلوية. نتيجة زيادة كل من المجموعتين زادت معدلات التلقيح (عدد الآشينات المخصبة/زهرة)، وشجعت على تكوين ثماراً أكبر وبشكل منتظم (Chagnon et al., 1993).

يعتبر النحل التابع للأجناس غير جنس نحل العسل (Non-*Apis*) فعالاً بصورة أكبر في عملية التلقيح من نحل العسل *Apis mellifera* لبعض المحاصيل التي تعتمد على الملقحات الحيوانية لعقد الثمار بما في ذلك البرسيم، والتوت الأزرق والتوت البري (Parker et al., 1987; Delaplane and Mayer, 2000). في هذه المحاصيل، لا يستطيع نحل العسل القيام بالآلية المناسبة التي تسمح بعملية التلقيح (Proctor et al., 1996). وفي الغالب يستورد المزارعون كميات كبيرة من نحل العسل، آملين بأن زيادة أعداد النحل السارح والزيارات تؤدي إلى زيادة عدد مرات التلقيح الناجحة. وقد تم تربية بعض الملقحات البديلة بعض الأحيان، بما في ذلك النحل القاطع لأوراق نبات البرسيم

Megachile rotundata ونحل النوميا *Nomia melanderi* بالنسبة لنبات البرسيم، أو النحل البنّاء *Osmia* spp. بالنسبة للتوت الأزرق، ولكن استخدام هذه الملقحات ليس منتشراً (انظر Crane, 1990 الجدول ٥,٨). في بعض الحالات، يعتمد المزارعون اعتماداً كاملاً على النحل البري. ففي السبعينات من القرن العشرين في كندا، أصبح مزارعو التوت البري على وعيٍ كامل بأهمية اعتمادهم على الملقحات الطبيعية عندما أدى استخدام مبيد الفينتروثيون لمكافحة دودة البراعم في الغابات المجاورة للحقول إلى التقليل من مجتمعات الملقحات، الأمر الذي ارتبط وبشكل معنوي واضح مع نقص إنتاجية المحاصيل (Kevan and Plowright, 1989).

العديد من محاصيل الخضراوت والفواكه الاقتصادية والتي تُلقح ذاتياً تستفيد أيضاً من عملية التلقيح بواسطة الحشرات من خلال زيادة عقد الثمار وحجمها (Klein et al., 2007). وقد يرجع سبب هذه الميكانيكية إلى زيادة أعداد حبوب اللقاح التي يتم نقلها بواسطة الملقح خلال عملية التلقيح الذاتي أو التلقيح الخلطي، أو كلتيهما، لتظهر مساهمة العوامل الوراثية والفسيولوجية في عملية الإخصاب، وعقد الثمار ونموها (Proctor et al., 1996; Delaplane and Mayer, 2000). مربو النباتات ذات التلقيح الذاتي لا يستوردون ملقحات (باستثناء حالة البندورة في البيوت البلاستيكية، والتي تحتاج أزهارها إلى اهتزازات من خلال الريح أو الحشرات، من أجل إطلاق حبوب اللقاح)، لذلك فإن زيادة عملية إنتاج الثمار، بسبب تدخل الحيوان في عملة التلقيح في المحاصيل ذات التلقيح الذاتي ترجع عادة لزيارة النحل البري لهذه النباتات (Klein et al., 2003a, Ricketts et al., 2004; Greenleaf and Kremen, 2006a).

ويمكن أن تكون زيارة بعض الحشرات محددة ومقيدة لعملية تلقيح المحصول. فالحشرات التي تقوم بعمل ثقب في أسفل تويج الزهرة من أجل امتصاص الرحيق يمكن أن تُقلل من جاذبية الزهرة وتعيق الحشرات الأخرى من زيارتها وتلقيحها (Irwin et al., 2001). الحشرات التي تقوم بزيارة أزهار عدة أصناف من النباتات يمكن

أن تنقل حبوب لقاح مختلفةً أثناء زيارتها للزهرة، والتي يمكن أن تعمل على إغلاق الميسم، وتقليل فعالية الزيارة والزيارات اللاحقة من قبل الملقح نفسه أو الملقحات الأخرى. بشكل عام، الأفراد من غير جنس نحل العسل (Non-apis) لا تحافظ على نوع الزهرة التي تقوم بزيارتها خلال رحلاتها كما هو الحال بنحل العسل (Slaa and Biesmeijer, 2005)، لذلك فإنه من المنطق أن النحل البري، من الأجناس غير جنس نحل العسل، يمكن أن تُقلل من الخدمات التي يُقدمها نحل العسل من خلال إغلاق الميسم، على الرغم من أنه لا يتوفر أي مثال على ذلك من المحاصيل المعروفة.

تَجمع الحشرات (عادة النحل، والخنافس آكلة حبوب اللقاح) كميات كبيرة من حبوب اللقاح بينما تقوم بتفريغ كميات قليلة على مياسم الزهرة، وقد يكون لذلك آثار سلبية على تلقيح المحاصيل. فالدرجة التي يقيّم بها نوع ما، سواء كان برياً أو مربىً، كملقح للمحاصيل تعتمد على ثلاثة عوامل: (١) السلوك الخاص بنوع الملقح، والذي يُحَدِد نسبة حبوب اللقاح التي تم جمعها إلى تلك التي تم تفريغها على ميسم الزهرة، (٢) تركيبة مجتمع الملقح و(٣) فيما إذا كانت كمية حبوب اللقاح المتوفرة تعتبر عاملاً محدداً. في ظروف محددة (بمعنى إزالة كل حبوب اللقاح المنتجة)، إذا كان أحد الأنواع الملقِحة لديه قدرة عالية على جمع حبوب اللقاح مقارنةً بكمية حبوب اللقاح التي يتم تفريعها على ميسم الأزهار، نسبة لبعض عناصر المجتمع الأخرى، فإن مساهمتها في عملية التلقيح سوف تكون سلبية، والسبب أنها تقوم بإزالة حبوب اللقاح من النظام وبالتالي تمنع احتمالية أن يستفيد منها ملقح آخر في تلقيح الأزهار. أما إذا كانت تقوم بجمع كميات قليلة من حبوب اللقاح مقارنةً بما تضعه على الميسم نسبة إلى أنواع أخرى من الملقحات، أو بسبب عدم وجود أنواع أخرى من الملقحات، فإنها تعمل على زيادة عملية التلقيح (Thomson and Thomson, 1992; Thomson and Goodell, 2001). إذا كانت كمية حبوب اللقاح عاملاً غير مُحددٍ بعملية التلقيح، فإن زيادة الزيارات من أي ملقح يضع أية كميات من حبوب اللقاح تضاف

إلى كمية حبوب اللقاح الكلية في المحصول. وسيعتمد توفير حبوب اللقاح بشكل كبير على الصنف، ونظام تربية النبات وتفاصيل أخرى حول طريقة الإنتاج (مثل نسبة النباتات التي توفر حبوب اللقاح في الحقل).

على الرغم من أن الملقحات من النحل البري قد تزيد أو تحل محل الأصناف التجارية في توفير خدمة التلقيح، فإنه من المهم التعرف على بعض المحددات المتوارثة للخدمة المُقَدَمة من قبل النحل البري. مجتمعات الملقحات البرية متباينة وبشكل واضح من حيث المكان والزمان (Roubik, 2001; Williams et al., 2001)، لذلك فإن الخدمات التي تقدمها قد لا تكون ثابتة كفايةً لتوفير الاحتياجات اللازمة في حالة الزراعات الواسعة والمكثفة. بعكس نحل العسل، الذي يشكل مستعمرات دائمة تصل أعدادها ما بين ٣٠-٥٠ ألف نحلة، النحل البري التابع لأجناس أخرى غير جنس نحل العسل (Non-apis) تكوِّن في العادة مجتمعات صغيرة الحجم، بالأخص في بداية فصل الطيران للأنواع التي تحتوي على عدة أجيال من العاملات في الموسم الواحد.

تُعد الملقحات المرباة تجارياً ضرورية في نجاح الزراعة الحديثة، ولكن الملقحات البرية، غير المرباة، وعلى الرغم من التحذيرات المقدمة سابقاً، فإنها يمكن أن تُقلل من المخاطر بالاعتماد الكلي على نوعٍ واحدٍ أو عددٍ محدود من الأنواع المرباة تجارياً. والمخاطر من الاعتماد على أنواع قليلة من الملقحات التجارية تنبع من: (١) تحديات الحصول على مصدر ثابت من الملقحات التجارية، والقدرة على الحفاظ على مجتمعات الملقح من ناحية وراثية، بالإضافة إلى إدارة المسببات المرضية، ومفترسات نحل العسل والأنواع التجارية الأخرى (National Research Council, 2007)؛ و(٢) محددات خدمات التلقيح التي يوفرها عدد قليل من الأنواع الملقحة (انظر الجزء التالي حول دور التنوع). على سبيل المثال، عاملات نحل العسل تتصل مع بعضها البعض لتحديد أماكن معينة وتحديد نوعية المصادر النباتية. هذا السلوك الاجتماعي يمكن أن يؤدي إلى توظيف عاملات النحل على المحصول الذي يوفر حبوب لقاح ورحيقا، ولكن يمكن أن يؤدي

ببعض العاملات للتركيز على منطقة معينة من المحصول، الأمر الذي يجعل عملية التلقيح غير متماثلة في الحقل. في أسوأ الظروف، عاملات نحل العسل تترك المحصول وبشكل جماعي بحثاً عن مصادر تغذية أكثر جاذبية من المحصول المعني (Free, 1968). على الرغم من تواجد النحل البري بأعداد ليست كبيرة وعلى شكل مجموعات صغيرة متفرقة، إلا أنها يمكن أن تقوم بخدمة مكملة لتلك التي يُقدمها نحل العسل (Chagnon et al., 1993) والملقحات الأخرى المنتشرة في مساحاتٍ واسعة من المحصول (Proctor et al., 1996). وعلى الرغم من تواجدها في مجتمعات صغيرة ومتفرقة، فإن الهدف من إدارة النحل البري هو تدعيم الخدمات التي تقدمها الملقحات المرباة من خلال صيانة مجتمعات الملقحات المختلفة والتي توفر خدمات أكثر ثباتاً من أي نوع من الملقحات البرية (Tilman et al., 1998; Klein et al., 2003b; Kremen et al., 2002b, 2004).

القيمة الاقتصادية لخدمات الملقحات البرية

تعتبر عملية تقدير القيمة الاقتصادية لخدمات الملقحات البرية عملية معقدة لثلاثة أسباب. الأول: وجود منهجيات مختلفة لحساب قيمة الخدمات البرية المتباينةِ النتائج (Kremen et al., 2007). فالقيمة الأقل تتمثل في تكلفة إحلال الملقحات البرية بالملقحات التجارية (Muth and Thurman, 1995). والقيمة الأعلى تتمثل في حساب نسبة الاعتماد الجزئية للمحصول على الملقحات الحيوانية ثم ضرب هذه النسبة بالقيمة الكلية لإنتاج المحصول (Robinson et al., 1989a, 1989b). ثانياً، في الحالات التي يشترك فيها النحل المربى والبري في تقديم الخدمات، فإن تحديد درجة مساهمة كل منها يتطلب إجراء ملاحظات كثيرة في الحقل (Greenleaf and Kremen, 2006b; Olschewski et al., 2006; Priess et al., 2007). ونادراً ما تتوفر مثل هذه المعلومات. اقترح Nabhan وBuchmann (1997) بأن مساهمة النحل البري قد تكون مماثلة لمساهمة النحل المربى، ولكن باستخدام المنهج المبدئي أو الأساسي المقترح من قبل Robinson وزملائه (1989a and 1989b). قام

Vaughan و(2006) Losey بتقدير مساهمة النحل البري في إنتاج الفواكه والخضروات في الولايات المتحدة بما يعادل ٣,٠٧ بليون دولار، وهو أقل من ٢٠٪ من مساهمة نحل العسل الإجمالية (١٧,٠١ بليون دولار). ثالثاً: التفاعل بين النحل البري والنحل المربى والذي يزيد من خدمات التلقيح يحتاج إلى الوصول إلى مستوى جديد من التوثيق الميداني (انظر Chagnon et al., 1993; Greenleaf and Kremen, 2006b) ويمكن أن تزيد قيمة مساهمة النحل البري بشكل كبير جداً. على سبيل المثال، في إنتاج بذور محصول دوار الشمس الهجين المذكور سابقاً، (Greenleaf and Kremen, 2006b) وترجع ما نسبته ٧,٣٪ من القيمة الكلية من إنتاج الولايات المتحدة من دوار الشمس والذي يقدر بحوالي ٢٦,١ مليون دولار للنحل البري من خلال التلقيح المباشر، ولكن هناك ٣٩,٨٪ من خدمات التلقيح تأتي من خلال نحل العسل. والمساهمة المباشرة التي يقدمها نحل العسل بدون تدخل النحل البري تصل إلى ٥٢,٩٪ فقط.

تأثير استخدام الأراضي الزراعية على مجتمعات النحل البري وخدمات تلقيح المحاصيل

إن استخدام الأرض الزراعية قد يكون له تأثير إيجابي أو سلبي على مجتمعات الملقحات والخدمات التي تُقدمها، وذلك بالاعتماد على كثافة استخدام الأرض، والمدى المكاني (Tscharntke et al., 2005)، والمحيط الحيوي، وعلى الرغم من أن دراسات قليلة تم إجراؤها للتنبؤ بهذه التأثيرات بطريقة دقيقة. إلا أن كلا من عاملي الموقع والتنسيق المكاني والمساحة تعتبر مهمة (انظر الشكل ٢,١). في المحيط الحيوي ذي المناخ المتوسطي في كاليفورنيا حيث تتضمن الزراعة الكثيفة والتي تؤدي إلى تقليل المواطن الطبيعية المحيطة وسيادة المساحات الواسعة من الزراعات الصناعية (من أجل التعريف انظر Tscharntke et al., 2005) أدى إلى تقليل ثراء أنواع نحل التلقيح البري وتوفرها على البطيخ (Krement et al., 2002b, 2004)، البندورة (Greenleaf and Kremen, 2006a)، دوار

الشمس (Greenleaf and Kremen, 2006b)، مع وجود نقص متلازم في الخدمات المقدمة من النحل البري لهذه المحاصيل. في هذه الدراسات، هناك عامل مشترك يؤثر على انتشار النحل البري وهو توفر المساكن الطبيعية في المناطق المجاورة (غابات البلوط والسنديان) ضمن مسافة عدة كيلومترات من موقع المزرعة. بالإضافة إلى أن نسبة مساحة المساكن الطبيعية أو قربها من المحاصيل كانت ذات علاقة موجبة مع ثراء أصناف النحل البري، وانتشار عدد أعشاشه في المزرعة وحجم وثبات خدمات التلقيح التي يوفرها النحل البري (Kremen et al., 2004; Greenleaf and Kremen 2006a, 2006b; Kim et al., 2006). وكان تأثير نظام إدارة الزراعة المحلي (زراعة تقليدية أو عضوية) ضعيفاً على تجاوب هذه المجتمعات بعد استبعاد عامل التنوع الطبيعي، على الرغم من أن استمرار تواجد أزهار دوار الشمس في مناطق الملقحات البرية كان ذا أهمية مماثلة (Greenleaf and Kremen, 2006b). وكانت أنواع النحل متباينة من حيث الحساسية لمستوى الكثافة الزراعية، ولكن لم يكن هناك أي تأثير إيجابي لوجود الملقحات مع زيادة الكثافة الزراعية (Kremen, 2004). والأنواع التي تُعتبر ملقحات أفضل لمحصول البطيخ كانت أيضا أكثر حساسية للزراعات الكثيفة، وبالتالي فإن هذا يعني أن فقدانها سيؤدي إلى نقص في خدمات التلقيح البرية لمحصول البطيخ (Larsen et al., 2005).

تؤثر المسافة عن مواقع الغابات البرية، في المناطق شبه الإستوائية، بطريقة مماثلة وبشكل معنوي في درجة ثراء وزيارات النحل البري وتلقيح البن في كوستريكا (Richetts, 2004) والجريب فروت في الأرجنتين (Chacoff and Aizen, 2006). هذا النحل البري يتضمن نحلاً اجتماعياً وانفرادياً محلياً ومستعمراتٍ برية من سلالة نحل العسل الإفريقي *A. m. scutellata*. على بعد ١٠٠ متر من حافة الغابة، عدد الزيارات قلت بمقدار ٧٥٪ (Richetts et al., 2004)، على الرغم من أن النقص في خدمات التلقيح لم يتم مشاهدته حتى مسافة ١٦٠٠ متر عن حافة الغابة (Richetts, 2004). بطريقةٍ مماثلة، ثراء وانتظام زيارة النحل البري المحلي الذي يزور الجريب فروت

(*Citrus paradisi*) انخفضت بشكلٍ كبير مع زيادة المسافة عن حدود الغابة في الأرجنتين (بمقدار ٨ أضعاف ضمن مسافة ألف متر)، وعدد مرات الزيارة من خلايا نحل العسل البري *A. m. scutellata*، والتي تشكل حوالي ٩٥٪ من مجمل زيارات النحل، قلت بمقدار الضعف في نفس المسافة (Chacoff and Aizen, 2006).

مصادر احتياجات النحل
المصادر الزهرية:(الرحيق، حبوب اللقاح، الزيوت، الروائح العطرية)
أماكن التعشيش:(الألواح، التربة، الفجوات،الأغصان، المسطحات الخضراء، الضفاف والجحور)
مواد التعشيش: (الطين، الأوراق،الصمغ النباتي،...)
أماكن التزاوج.
المناخ / الأجواء المحيطة: (الضوء، الحرارة، الرطوبة، الرياح).

على مستوى الموقع الطبيعي
أنواع البيئات :
زراعي، بري أو حضري
التوزيع المكاني للعوائل:
حجم وترتيب هذه الأماكن

على مستوى الموقع :
المحاصيل المزروعة،
مكافحة الأعشاب،
الحراثة، طرق الري،
حجم الحقل ،

الشكل (٢,١). رسم تخطيطي يوضح تأثير عوامل الموقع والتنوع الطبيعي على النحل في المناطق الزراعية. الصندوق الرمادي الصغير يعكس المزارع المنتشرة على مساحاتٍ واسعة، والتي تتضمن عدة أنواع من المواطن. الرمز x يعكس موقع التعشيش لكل نحلة أنثى، والدائرة حول كل x تعكس مدى التغذية (السروح) للنحلة. أحد أعشاش الإناث في المزرعة (دائرة داكنة) والأعشاش الأخرى في المزرعة (دوائر منقطة)، ولكن في كلتا الحالتين فإن مجال التغذية يتضمن المزرعة نفسها ومناطق خارج المزرعة. يتطلب النحل وجود أزهار ومصادر لبناء الأعشاش والتي تتوفر ضمن منطقة التغذية الخاصة بها وأثناء فترة رحلة السروح، كذلك توفر المناخ المناسب من أجل الطيران، والتغذية والتزاوج. في محيط المزرعة، ممارسات الإدارة تؤثر على توفر الأزهار ومصادر الأعشاش وتوثر في المناخ من خلال اختيار نوع المحاصيل والممارسات الزراعية، بما في ذلك السيطرة على الأعشاب والري والحراثة. استخدام مبيدات الأعشاب يؤثر على نسبة نفوق النحل ومفترسات ومتطفلات النحل. في محيط المزرعة، التنوع الطبيعي للمواطن يؤثر على تنوع وانتشار مصادر الأزهار ومواقع تأسيس الأعشاش ضمن منطقة تغذية النحل (الدائرة)، والتي تبدو أنها تحتوي على أصناف ذات حجم واسع.

في حقول البن في أندونيسيا، المسافة عن المواطن البرية أثرت في وفرة النحل الاجتماعي وليس النحل الانفرادي، بينما مستوى الإضاءة في الحقل كانت ذات علاقة قوية وموجبة مع زيادة وفرة النحل الانفرادي ومع وجود النحل الاجتماعي والانفرادي. وكان عقد الثمار ذا علاقة معنوية مع كلا العاملين (Klein et al., 2003b). في أشجار الماكاداميا (*Macadamia integrifolia*) في جنوب كوينزلاند وفي نيوساوث ويلز وأستراليا فإن الملقح السائد والأكثر شيوعاً هو النحل البري المحلي، *Trigona carbonaria* وليس من نحل العسل المربى *A. mellifera*، وكان لتواجد الملقح المحلي علاقة مع المسافة عن مساحات غابات نبات الكينيا Eucalyptus ضمن مسافة كيلومتر واحد من البساتين (Heard and Exley, 1994). وعلى العكس، في أثيرتون تيبل لاند في شمال كوينزلاند، حيث لم يكن نحل العسل مربى من أجل التلقيح، فإن المسافة عن الغابة المطرية ارتبطت بتناقص في كل من عدد زيارات نحل العسل البري *A. mellifera* وفي عقد ثمار الماكاداميا، على الرغم من أنه لم يكن هناك ارتباط بين نسبة عقد الثمار لكل عنقود وتوفر نحل العسل *A. mellifera* في كل موقع (Blanche et al., 2006). في نفس المنطقة. زائرات الخنافس للتفاح السكري (*A. squamosa* × *A. chermola*) قلت من حيث التنوع والوفرة مع الابتعاد عن الغابة المطرية، مع وجود نقص في إنتاج الثمار (Blanche and Cunningham, 2005; Pritchard, 2005). وبطريقة مماثلة، انخفضت أعداد النحل البري غير اللاسع (*Trigona* spp.)، ولكن أعداد نحل العسل البري *A. mellifera* لم تتأثر من حيث الوفرة مع زيادة المسافة بين الغابة المطرية وبساتين شجر اللونجان (*Dimocarpus longan*)، وأدى ذلك بالمحصلة إلى حدوث نقص في عقد الثمار (Blanche et al., 2006). في هذا المناخ المتنوع للغابات المدارية والنظم الزراعية، فإن مواقع وبقع الغابات تلعب دوراً مهما في توفير العوائل لملقحات النحل المحلية وغير المحلية بهدف تلقيح المحاصيل وبالتالي توفير خدمات التلقيح.

في المناطق الزراعية المعتدلة في أوروبا مع وجود أراضٍ شبه طبيعية (أراضٍ عشبية كلسية، غابات خشبية، مروج، ومواطن أخرى) المسافة عن هذه المواطن تُؤثر في التنوع ووفرة وخدمات التلقيح المقدمة من قبل النحل الاجتماعي والانفرادي. في كل من نباتي الخردل (*Sinapsis arvensis*) والفجل (*Raphanus sativus*) - الغير متوافقين ذاتياً - عقد الثمار قل بمقدار النصف عند الابتعاد مسافة ٢٥٠م عن المواطن الطبيعية، وقلت مرة أخرى عند الابتعاد لمسافة ١٠٠٠م (Steffan-Dewenter and Tscharntke, 1999). وعلى العكس، فإن توفر أنواع الجنس *Bombus* الشائع في نفس المناطق لم يرتبط مع البعد عن مناطق المواطن الطبيعية، ولكن كان له علاقة إيجابية مع المساحات النسبية للنباتات كثيفة الأزهار مثل البذور الزيتية، والقرنفل ودوار الشمس. هذه النتائج تقود إلى استنتاج بأن توفر حبوب اللقاح والرحيق وبشكل كبير من خلال حقول واسعة في الزراعات الأحادية تساعد في وفرة أنواع معينة من الملقحات (Westphal et al., 2003)، وبالأخص إذا كان توفر مصدر حبوب اللقاح والرحيق خلال هذه المحاصيل متزامناً مع فصل طيران النحل الطنّان.

على الرغم من أن النحل البري أظهر تراجعاً في التنوع على هذه المحاصيل وكذلك في الوفرة والخدمات مع وجود زراعات كثيفة (sensu Tscharntke et al., 2005)، ولكن ليس جميع مجتمعات النحل (بما في ذلك النحل الذي يزور مصادر نباتية غير المحاصيل) أظهرت نفس التنوع واتجاهات الوفرة. على سبيل المثال، في سواحل Pine Barren للأطلنطي، وهي مناطق ساحلية للقسم الشمالي الشرقي من الولايات المتحدة، توفر أنواع النحل في مجموعات في هذه المواطن زاد بطريقة ملحوظة عندما كان محاطاً بشكل كبير بخليط من الزراعات بالمقارنة مع إحاطته بالغابات (Winfree et al., 2007). وتحتوي المواطن الزراعية على وفرة من الملقحات أكثر من مواطن الغابات الطبيعية، وقد وجدت أنواع فريدة في المناطق الزراعية أكثر من تلك

التي وجدت في المناطق التي سبق ذكرها. الغابات في هذه السواحل تتألف من أشجار الصنوبر التي توفر تنوعا قليلا. درجة الوفرة كانت أعلى في المناطق الزراعية منها في المناطق الساحلية. في هذا النظام، أدت الزراعة إلى زيادة وفرة وثراء النحل، مع ملاحظة أن كثافة استخدام الأرض الزراعية منخفضة (تقريباً ٣٠٪ من الأراضي مستخدمة ضمن ١,٦ كم من الأماكن المعاينة) بالمقارنة مع أنظمة الدراسة الأخرى. في هذه الحالة، يمكن أن تُوفر الزراعة مواطن ناجحة ومتتابعة يمكن للنحل البقاء فيها والتي قد تشبه إلى حدٍ كبير المواطن الطبيعية السابقة (Carvell, 2002; Potts et al., 2003; Grixti and Packer, 2006). قد يحدث تأثير الزراعة الإيجابي على مجتمعات التلقيح في حال وجود زراعة تزيد من التنوع الحيوي ضمن مناطق سروح النحل (على سبيل المثال أقل من ٢ كم)، مثل التنوع الزراعي الذي يتضمن مساحات حقلية صغيرة، وخليطا من المحاصيل خلال وبين الحقول، ومجموعات من المحاصيل غير الحقلية، مثل أسيجة الأشجار، الأراضي البور، المروج، غابات الخشب شبه الطبيعية أو أشجار متقزمة (Eltz et al., 2002; Tscharntke et al., 2005).

وبشكلٍ مختصر، وبناءً على دراساتٍ مُوَثقةٍ، فعلى الأرجح تدنت خدمات التلقيح التي تُوفَر من خلال النحل البري في العديد من المناطق والتي يفترض أصلاً أن يُساهم فيها النحل البري بتلقيح المحاصيل. في نفس الوقت، تدنت أعداد خلايا نحل العسل المرباة، وزادت تحديات إدارتها أيضا (National Research Council, 2007). وتوضح القليل من الدراسات وجود نقص في خدمات التلقيح. وهذا يعني أننا لسنا بأزمة حقيقية حتى الآن، ولكن يجب أن نكون مدركين، ويجب أن نتخذ الآن خطواتٍ وقائية. وبشكل خاص، فإن اعتمادنا الكبير على نحل العسل يجعل عملية إنتاج بعض المحاصيل (بالأخص اللوز وبعض المحاصيل البستانية الأخرى) متأثرةً جداً بالنقص المفاجئ وغير المتوقع في وفرة هذه الخلايا، وكما يحدث "وبشكل متزايد" في الولايات المتحدة بعد نقص أعداد خلايا نحل العسل في فصل الشتاء (National Research Council, 2007).

دور التنوع الحيوي

إن وجود تنوع في مجتمع الملقحات البرية يمكن أن يوفر كمية أكبر من خدمات التلقيح لعددٍ أكبر من المحاصيل مع وجود ثبات أكبر بكفاءة التلقيح. فمجتمعات الملقحات الأكثر تنوعاً في النظم الزراعية تؤدي إلى وجود وفرة أكبر ومعدل زيارات أكبر لأزهار المحاصيل (Steffan-Dewenter and Tscharntke, 1999; Klein et al., 2003b; Ricketts, 2004; Larsen et al., 2005; Pritchard, 2005; Chacoff and Aizen, 2006). إن العلاقة الإيجابية الثابتة واللافتة للانتباه بين الوفرة والثراء في هذه الدراسات تقترح ما يفيد بأن فقدان الثراء ونقص الأعداد سوف يعمل على تقليل عدد الزيارات وبالتالي تقليل خدمات التلقيح المتوفرة للمحاصيل من قبل مجتمعات النحل البري، وذلك بوجود ارتباط قوي بين عدد الزيارات وخدمات التلقيح المقدمة في النظم الزراعية (Vazquez et al., 2005).

على الرغم من أن العديد من أنواع الملقحات التي تزور المحاصيل هي ملقحات عامة غير متخصصة، إلا أن العديد من أنواع المحاصيل المختلفة تقوم باجتذاب أنواع محددة وإن تكن متداخلة جزئياً من أنواع الملقحات المحلية المتوفرة. لذلك، فالحفاظ على مجتمعات متنوعة من الملقحات محلياً يُعتبر مهماً من أجل توفير خدمات التلقيح لمجموعة أكثر تنوعاً من المحاصيل. وضمن المحصول الواحد، فإن وجود مجموعة متنوعة من أنواع الملقحات يمكن أن توفر خدمات تلقيح أفضل من توفر نوع واحد منها فقط، والسبب في ذلك يرجع إلى التنوع والاختلاف في سلوك السروح وتلقيح الأزهار (مثال الفراولة، Chagnon et al., 1993) أو التفاعل الذي يمكن أن يؤثر على حركات السروح (مثال: نبات دوار الشمس، Greenleaf and Kremen, 2006b) بين الأنواع المختلفة، وضمن المحصول الواحد، فإن تباين مجتمعات الملقحات يُعتبر مهماً من أجل تأكيد الاستقرار في خدمات التلقيح خلال الزمان والمكان. وهناك العديد من الأسباب التي تدعم هذا التأكيد في السطور اللاحقة. ومن الجانب النظري، نحن نعلم بأن التنوع في

مجتمعات الملقحات والتي يتذبذب فيها الأفراد بشكلٍ عشوائي، ولديهم أنماط متباينة سوف يوفر خدمات أكثر ثباتاً من المجتمع الأقل تنوعاً (تأثير المحافظة على الأنواع، Tilman et al., 1998). والعمل المبدئي يدعم هذه النظرية، فعلى الرغم من أن عدداً قليلاً من الدراسات فقط تم تنفيذه. يمكن القول بأن مجتمعات الملقحات الغنية توفر خدمات تلقيح أكثر ثباتاً لمحصول البطيخ يوماً بعد يوم خلال الموسم (Kremen, unpublished data) ومن شجيرة إلى شجيرة في حقل البن (Klein et al., 2003b; Steffan-Dewenter et al., 2006). ويمكن أن تحتوي مجتمعات الملقحات عاليةِ التنوع حُزمةً من الأنواع التي تتضمن تبايناً سلوكياً وفسيولوجياً واسعاً، ولذلك تكون قادرة على الطيران وتلقيح الأزهار تحت ظروف مناخية متباينة وتعمل على توفير ثبات أكبر في المجتمعات (Herrera, 1995; Bishop and Armbruster, 1999; Klein et al., 2003b).

تتباين مجتمعات الحشرات، وبالأخص النحل، بشكلٍ كبير في البرية من سنةٍ لأخرى، وخلال الموسم وعبر الأماكن (Herrera, 1988; Wolda, 1988; Roubik, 2001; Williams et al., 2001). مثل هذا التذبذب العابر لا يؤثر على خدمات التلقيح في بعض أنواع النباتات ما دام أن هناك تنوعاً في مجتمع الملقحات داخل النظام البيئي أو الزراعي المعني (Williams et al., 2001; Memmott et al., 2004; Morris, 2003). في حالة نُظم زراعة البطيخ، فإن أنواعاً مختلفةً بالكامل من النحل تقوم بالسيادة وزيارة وتلقيح البطيخ في سنتين متتابعتين، وذلك اعتماداً على مساهمة أنواع الملقحات بتلقيح البطيخ في كلا العامين. وعلى كل حال، وَفَّرَ المجتمع خدماتٍ كافيةٍ في حالة المزارع ذات التنوع العالي (Kremen et al., 2002b). في كوستاريكا، النقص في وفرة نحل العسل البري غير المحلي *A. m. scutellata* لسنة واحدة تم تعويضه بزيادة وفرة الأنواع المحلية الأخرى (Ricketts, 2004). في هذه الأنظمة، إن إدارة إثراء النحل البري ووجود بعض الأنواع المحَدَدَة بعينها يعتبر أكثر أهمية في الوصول إلى مستوى ثابت من خدمات التلقيح مقارنةً بإدارة الوفرة العددية.

إدارة مجتمعات وخدمات النحل البري في النظام الزراعي البيئي

الملقحات البرية هي كائنات متحركة تستفيد عادة من تنوع المصادر، وعادةً من مصادر تتواجد في بيئات مختلفة ومتباينة أيضاً (Westrich, 1996 انظر الشكل ١ ,٢). إن الحفاظ على مجتمعات الملقحات البرية يتطلب فهماً لمتطلبات هذه المصادر واحتياجاتها، ومن ثم إدارة هذه البيئات والمواطن لتوفير مصادر الغذاء وأماكن التعشيش وأماكن البيات الشتوي ومساحات التكاثر. والمصادر يجب أن تكون متوفرة ضمن مناطق السروح والانتشار وعكس ذلك تموت المجتمعات البرية أو تقل معدلات تكاثرها. فإدارة مجتمعات الملقحات يتطلب التفكير ليس فقط على مستوى مساحة الموقع ولكن على مستوى التنوع في الطبيعة وعلى مستوى التنوع في المنطقة.

على سبيل المثال، في كاليفورنيا، هناك العديد من أنواع النحل التي تزور المحاصيل عامة وتتمتع بفترات طيران طويلة (أنواع *Bombus* and *Halictus* ؛ Kremen et al., 2002a). وهي تتطلب وجود مصادر أزهار تمتد من بداية الربيع وحتى منتصف الخريف (كانون ثاني "يناير" وحتى تشرين أول "أوكتوبر" لبعض الأنواع)، وبالتالي يمكن أن تعتمد ليس فقط على الأعشاب ومصادر المحاصيل المتوفرة من المزارع ولكن أيضاً على مساحات النباتات البرية وربما المجاورة مثل الغابات الشاطئية، السنديان والبلوط (Kremen et al., 2002a; Williams and Kremen, 2007). إن نقصان مناطق المواطن الطبيعية ضمن مساحة قطرية معينة لموقع المزرعة (أو عكس ذلك بزيادة المسافة عن تجمعات المواطن الطبيعية، Harrison and Fahrig, 1995) يمكن أن تزيد الجهد والطاقة المبذولة من أجل الحصول على مصادر زهرية ومن ثم إنتاج أجيال أخرى (Orians and Pearson, 1979). والأنواع التي تعتمد على النباتات المحلية بشكل كامل أو لجزء من دورة حياتها يمكن أن تنتهي بشكل كامل أو يقل توفرها في المزارع مع وجود مواطن طبيعية قليلة ضمن منطقة السروح لهذه الأنواع من النحل (مثال ذلك

Larsen et al., 2005). على العكس، فالمصادر البديلة التي تتوفر في النظام البيئي الزراعي يمكن أن تعوض النقص من المصادر النباتية في المواطن الطبيعية. لقد قام (Williams and Kremen 2007) بمراقبة إنتاج جيل في أعشاش مخبرية للنحل البنّاء *Osmia lignaria* ونحلة البساتين الزرقاء، ووجد أن المصادر النباتية المتوفرة في المزارع العضوية توفر جزئياً بعض المصادر الغذائية للملقحات بدلاً من النباتات البرية المُفضلة من قبل الملقحات البرية، وتُقَلل من اعتماد نحل البساتين البنّاء *O. lignaria* على قرب المواطن الطبيعية من المزارع العضوية خلال فترة تكاثرها. على العكس من ذلك، في المزارع التقليدية التي لا تحتوي على مثل هذه المصادر، فإن معدلات إنتاج النحل البنّاء *Osmia* تقل بشكل واضح مع زيادة البعد عن المواطن الطبيعية، وكان معدل البقاء أقل من معدل الإحلال في المواقع المعزولة.

سوف تختلف أنواع النحل في قدرتها على بناء الأعشاش في المزارع. فبعض أنواع النحل تتطلب أعشاشَ قوارض أو فجواتٍ خشبية لبناء أعشاشها، وقد لا تكون هذه الأعشاش متوفرة في مواقع المزارع. والنحل الذي يحفر أعشاشه في الأرض قد يعاني من النفوق نتيجة فيضان مياه الري والحراثة إذا وضَعت أعشاشها في أرض زراعية (Shuler et al., 2005). في كاليفورنيا، وُجد أن أقل من نصف أنواع النحل التي تقوم بتلقيح نبات دوار الشمس والتي تبني أعشاشاً أرضية، تبني أعشاشها ضمن الحقول المزروعة بنباتات دوار الشمس (Kim et al., 2006). إذا كانت الأعشاش خارج هذه الحقول، فإنها سوف تُحَدِدْ المسافة التي يمكن أن تقطعها من أجل الحصول على الغذاء، وهكذا فإن الحقل يقع ضمن مدى السروح وسوف يحصل على خدمات التلقيح. ومدى السروح يختلف بشكلٍ واسعٍ بين الأنواع وله علاقة بحجم الجسم، في كاليفورنيا مدى السروح للنحل أقل من ٢ كيلومتر (Greenleaf et al., 2007).

يبدو واضحاً أن إدارة الأماكن الطبيعية وعلى مستوى الموقع تغدو ضرورية من أجل استعادة والحفاظ على استمرارية مجتمعات الملقحات والحصول على خدماتها. كم

من الأرض يكفي لتوفير مجتمعاتٍ مستدامةٍ وخدماتِ تلقيحٍ مستقرة؟ عددٌ قليل من الدراسات طَرحت هذه القضية، ولا زال هناك عملٌ كثير يجب أن يُنفذ في هذا المجال. لاحظ (Kremen et al., 2004) أن هناك علاقةً خطيةً لوغارتمية بين خدمات التلقيح المتوفرة للبطيخ ونسبة المساحة التي تحتوي على مواطنَ طبيعيةٍ ضمن عدة كيلومترات من المزرعة. خدمات تلقيح كاملة يمكن توفيرها من خلال النحل البري في حال وجود مواطن طبيعية بنسبة ٣٠٪ أو أكثر. نحن نعلم القليل عن عدد الحُزم من الأماكن الطبيعية التي يجب أن تتوفر من أجل توفير تلقيح للمحاصيل في المحيط الزراعي، لأن العديد من مجتمعات الملقحات لا تعتمد فقط على المصادر الطبيعية أو شبه الطبيعية، ولكنها تستفيد من العناصر المتوفرة في كل من المناطق الطبيعية والزراعية على حدٍ سواء، والسؤال الأفضل هو: كم حجم التعقيد الذي يجب أن يتوفر في المساكن الطبيعية من أجل تأكيد قدرة مجتمعات الملقحات على البقاء والديمومة؟ (Tscharntke et al., 2005) بالإضافة إلى ذلك، نحن نعلم القليل حول العوامل التي تحدد مجتمعات النحل. هل هي مصادر الأزهار، أم مواقع الأعشاش، أو كلاهما؟ ما هو الدور الذي تلعبه المفترسات والمتطفلات والأمراض في التأثير على مجتمع النحل؟ وكيف أن هذه العوامل تتجاوب مع تركيبة المَواطن الطبيعية؟

على الرغم من أن معرفتنا غير كاملة، فإن هناك الكثير من العمل يمكن أن يُنفذ من أجل تحسين وضع الملقحات البرية في المناطق الزراعية، سواءً على صعيد الموقع (الحقل) أو في تدريج الأماكن الطبيعية. فإن إدارة الأرض قد تتضمن تقديم مجموعة واسعة من المحاصيل، فالسماح للمحاصيل التي تُغطي المنطقة بأن تزهر أو ترك الأعشاب الحدية، أو زراعة أسيجة عشبية تتألف من مجموعة واسعة من النباتات المناسبة تعمل على دعم الملقحات، كما أن إدارة الأرض تتضمن إنشاء رقعٍ صغيرةٍ من الأراضي المكشوفة التي تسمح ببناء الأعشاش، أو وضع صناديق النحل الطنّان وأعشاش فخية وترك مساحات صغيرة من الخشب من أجل بناء الأعشاش في

الفجوات (Vaughan et al., 2004). إن منتجي البرسيم في مناطق شرق أوروبا، يقومون بشكلٍ ناجح بإدارة الملقحات البرية، نحل البرسيم رمادي الشعر، (*Rhophitoides canus*) من خلال التوقيت الجيد وعملية قص البرسيم بطريقةٍ حذرة بحيث تتوفر أزهار البرسيم خلال دورة حياة الملقح، بالإضافة لترك أرض عارية أثناء ذروة بناء الأعشاش (Bosch, 2005). في المملكة المتحدة، المنتجون يزرعون الأزهار على أطراف الحقول من أجل تعزيز انتشار الملقحات في المزرعة (Dover, 1997; Carvell et al., 2004). التركيبة المختارة من النباتات يمكن أن يكون لها دور مهم في تحديد انتشار الملقحات وتنوعها (Gurr et al., 2004; Pywell et al., 2005)، ولكن من غير المعروف إن كان وجود هذه الخطوط في الحقل يعمل على تعزيز حجم المجتمع ويزيد مقاومة الملقحات أو يعمل على إعادة توزيعها في المنطقة الطبيعية فحسب.

مثل هذا التغيير البسيط في أسلوب الزراعة قد يعمل على توفير مصادر الأزهار والأعشاش للنحل بدون إضافة أية تكلفة أو مع تكلفة منخفضة جداً على المزارع. هذه الممارسات تعمل على زيادة وفرة وتنوع المجتمعات أكثر من كونها تعمل على إعادة توزيع الأفراد، التغييرات البسيطة التي يمكن أن تحدث بشكل موسمي تكون ذات تكاليف زهيدة ولها مردود وعوائد واضحة على المزارع، كما أنها توفر على المزارع نفقات استئجار خلايا نحل العسل من أجل عملية التلقيح إلى المزرعة (Kremen et al., 2002b). مثل هذه الممارسات الإدارية يمكن أن تحّول المزرعة من مستهلك إلى مُصدر للنحل المحلي من خلال زيادة معدلات تكاثر هذه الملقحات بدرجةٍ تفوق عملية الإحلال (sensu Pulliam, 1988). في كاليفورنيا، المزارع العضوية تُشكل مَسكناً بالنسبة لمجتمعات نحل البساتين البنّاء *O. lignaria* التجريبية مقارنة بالمزارع التقليدية، والتي تعمل كمستهلكة مع وجود معدلات إنتاج تفوق معدلات الإحلال في المزارع العضوية ولكن معدلات الإحلال أقل في المزارع التقليدية (Williams and Kremen, 2007). إن إدارة المناطق الطبيعية يمكن أن تتم من خلال تنسيق الجهود بين المنتجين من أجل بناء مساحات

"بقع" واسعة من مزارع صديقة بالنحل الملقح وزيادة عملية الارتباط بينهم من خلال إضافة وزراعة نباتات تساعد على ذلك. مثل هذه الممارسات تعتبر أكثر صعوبةً ، ومكلفةً عند التطبيق ولكنها يمكن أن تحدث في حالة اعتماد خدمات بيئية متعددة (Balvanera et al., 2001). وهنالك العديد من الحالات التي يمكن من خلالها الاستفادة الاقتصادية من خلال زيادة خدمات التلقيح بمفردها وتكون كافية ويمكن من خلالها تحمل تكاليف إدارة المواقع والأماكن الطبيعية للملقحات البرية (Olshewski et al., 2006).

المراجع العلمية

Balvanera, P., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., Ricketts, T. H., Bailey, S. A., Kark, S., et al. (2001). Conserving biodiversity and ecosystem services: Conflict or reinforcement? Science, 291, 2047.

Batra, S. W. T. (2001). Coaxing pollen bees to work for us. In C. Stubbs and F. Drummond (Eds.), Bees and crop pollination: Crisis, crossroads, conservation (85-93). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Beetsma, J. (1994). The Varroa mite: A devastating parasite of western honey bees and an economic threat to beekeeping. Outlook on Agriculture, 23, 169-175.

Bishop, J. A., and Armbruster, W. S. (1999). Thermoregulatory abilities of Alaskan bees: Effects of size, phylogeny and ecology. Functional Ecology, 13, 711-724.

Blanche, R., and Cunningham, S. A. (2005). Rain forest provides pollinating beetles for atemoya crops. Journal of Economic Entomology, 98, 1193-1201.

Blanche, R., Ludwig, J. A., and Cunningham, S. A. (2006). Proximity of rainforest enhances pollination and fruit set orchards. Journal of Applied Ecology, 43, 1182-1187.

Bosch, J. (2005). The contribution of solitary bees to crop pollination: From ecosystem service to pollinator management. In J. M. Guerra-Sanz, A. Roldin, and A. Mena Granero (Eds.), First short course on pollination of horticulture plants (151-165). Almeria, Spain: CIFA La Mojonera.

Carvell, C. (2002). Habitat use and conservation of bumble bees (Bombus spp.) under different grassland management regimes. Biological Conservation, 103, 33-49.

Carvell, C., Meek, W. R., Pywell, R. P., and Nowakowski, M. (2004). The response of foraging bumble bees to successional changes in newly created arable field margins. Biological Conservation, 118, 327-339.

Chacoff, N., and Aizen, M. (2006). Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. Journal of Applied Ecology, 43, 18-27.

Chagnon, M., Gingras, J., and Deoliveira, D. (1993). Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). Journal of Economic Entomology, 86, 416-420.

Crane, E. (1990). Bees and beekeeping: Science, practice and world resources. Ithaca, NY: Comstock.

Delaplane, K. S., and Mayer, D. F. (2000). Crop pollination by bees. New York: CABI.

Dover, J. W. (1997). Conservation headlands: Effects on butterfly distribution and behaviour. Agriculture Ecosystems and Environment, 63, 31-49.

Eltz, T., Bruhl, C. A., van der Kaars, S., and Linsenmair, K. E. (2002). Determinants of stingless bee nest density in lowland dipterocarp forests of Sabah, Malaysia. Oecologia, 131, 27-34.

Elzen, G. W., and Hardee, D. D. (2003). United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service research on managing insect resistance to insecticides. Pest Management Science, 59, 770-776.

Free, J. B. (1963). The flower constancy of honey bees. Journal of Animal Ecology, 32, 119-131.

----(1968). Dandelion as a competitor to fruit trees for bee visits. Journal of Applied Ecology, 5, 169-178.

----(1993). Insect pollination of crops. San Diego, CA: Academic Press.

Greenleaf, S., and Kremen, C. (2006a). Wild bee species increase tomato production but respond differently to surrounding land use in Northern California. Biological Conservation, 133, 81-87.

Greenleaf, S. S., and Kremen, C. (2006b). Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 103, 13890-13895.

Greenleaf, S., Williams, N., Winfree, R., and Kremen, C. (2007). Bee foraging ranges and their relationships to body size. Oecologia, 153, 589-596.

Griffi ths, D. (1986). Summary of the present status of varroatosis in Europe. In R. Cavalloro (Ed.), European research on varroatosis control (11-13). Rotterdam, Netherlands: Balkema.

Grixti, J. C., and Packer, L. (2006). Changes in the bee fauna (Hymenoptera: Apoidea) of an old field site in southern Ontario, revisited after 34 years. Canadian Entomologist, 138, 147-164.

Gurr, G. M., Wratten, S. D., and Altieri, M. (2004). Ecological engineering for pest management: Advances in habitat manipulation for pest management. Melbourne, Australia: CSIRO.

Harrison, S., and Fahrig, L. (1995). Landscape pattern and population conservation. In L. Hansson, L. Fahrig, and G. Merriam (Eds.), Mosaic landscapes and ecological processes (293-308). London: Chapman and Hall.

Heard, T. A., and Exley, E. M. (1994). Diversity, abundance, and distribution of insect visitors to macadamia fl owers. Environmental Entomology, 23, 91-100.

Herrera, C. M. (1988). Variation in mutualisms: The spatio-temporal mosaic of a pollinator assemblage.

Biological Journal of the Linnean Society, 35, 95-125.

----(1995). Microclimate and individual variation in pollinators: Flowering plants are more than their fl owers. Ecology, 76, 1516-1524.

Irwin, R. E., Brody, A. K., and Waser, N. W. (2001). The impact of fl ower larceny on individuals, populations, and communities. Oecologia, 129, 161-168.

Kevan, P. G., Clark, E. A.,and Thomas, V. G. (1990). Insect pollinators and sustainable agriculture. American Journal of Alternative Agriculture, 5, 12-22.

Kevan, P. G., and Phillips, T. P. (2001). The economic impacts of pollinator declines: An approach to assessing the consequences. Conservation Ecology, 5, 8.

Kevan, P. G., and Plowright, R. C. (1989). Fenitrothion and insect pollinators. In W. R. Ernst, P. A. Pearce, and T. L. Pollock (Eds.), Environmental effects of fenitrothion use in forestry: Impacts on insect pollinators, songbirds, and aquatic organisms (13-42). Dartmouth, Nova Scotia: Environment Canada, Conservation and Protection, Atlantic Branch.

Kim, J., Williams, N., and Kremen, C. (2006). Effects of cultivation and proximity to natural habitat on ground-nesting native bees in California sunfl ower fields. Journal of the Kansas Entomological Society, 79, 309-320.

Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., and Tscharntke, T. (2003a). Bee pollination and fruit set of Coffea arabica and C. canephora (Rubiaceae). American Journal of Botany, 90, 153-157.

----(2003b). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. Proceedings of the Royal Society of London: Series B. Biological Sciences, 270, 955-961.

Klein, A. M., Vaissière, B., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., et al. (2007). Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society of London: Series B. Biological Sciences, 274, 303-313.

Komeili, A. B. (1988). The impact of the Varroa mite on Iranian commercial beekeeping. American Bee Journal, 128, 423-424.

Kremen, C. (2004). Pollination services and community composition: Does it depend on diversity, abundance, biomass, or species traits? In B. M. Freitas and J. O. P. Pereira (Eds.), Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination (115-124). Ceara, Brazil: University Dederal do Ceara.

Kremen, C., Bugg, R. L., Nicola, N., Smith, S. A., Thorp, R. W., and Williams, N. M. (2002a). Native bees, native plants and crop pollination in California. Fremontia, 30, 41-49.

Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Harren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., et al. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. Ecology Letters, 10, 299-314.

Kremen, C., Williams, N. M., Bugg, R. L., Fay, J. P., and Thorp, R. W. (2004). The area requirements of an ecosystem service: Crop pollination by native bee communities in California. Ecology Letters, 7, 1109-1119.

Kremen, C., Williams, N. M., and Thorp, R. W. (2002b). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensifi cation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 99, 16812-16816

Larsen, T. H., Williams, N., and Kremen, C. (2005). Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. Ecology Letters, 8, 538-547.

Losey, J. E., and Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. Bioscience, 56, 311-323.

Memmott, J., Waser, N. M., Price, M. V. (2004). Tolerance of pollination networks to species extinctions. Proceedings of the Royal Society of London: Series B. Biological Sciences, 271, 2605-2611.

Morandin, L. A., and Winston, M. L. (2005). Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modifi ed canola. Ecological Applications, 15, 871-881.

Morris, W. (2003). Which mutualists are most essential? Buffering of plant reproduction against the extinction of pollinators. In P. Kareiva and S. A. Levin (Eds.), The importance of species: Perspectives on expendability and triage (260-280). Princeton, NJ: Princeton University Press.

Morse, R. A., and Goncalves, L. S. (1979). Varroa disease: A threat to world beekeeping. Bee Culture, 107, 179-181.

Muth, M. K., and Thurman. W. N. (1995). Why support the price of honey? Choices, 10, 19-22.

Nabhan, G. P., and Buchmann, S. (1997). Services provided by pollinators. In G. C. Daily (Ed.), Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems (133-150). Washington, DC: Island Press.

National Research Council. (2007). Status of pollinators in North America. Washington, DC: National Academies Press.

Olschewski, R., Tscharntke, T., Ben?tez, P. C., Schwarze, S., and Klein, A. (2006). Economic evaluation of pollination services comparing coffee landscapes in Ecuador and Indonesia. Ecology and Society, 11. Retrieved 2007 from http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss11/art17.

Orians, G., and Pearson, N. (1979). On the theory of central place foraging. In D. J. Horn, B. R. Stairs, and R. D. Mitchell (Eds.), Analysis of ecological systems (155-177). Columbus: Ohio State University Press.

Parker, F. D., Batra, S. W. T., and Tepedino, V. J. (1987). New pollinators for our crops. Agricultural Zoology Reviews, 2, 279-304.

Potts, S. G., Vulliamy, B., Dafni, A., O'Toole, C., Roberts, S., and Willmer, P. (2003). Response of plant-pollinator communities following fire: Changes in diversity, abundance and reward structure. Oikos, 101, 103-112.

Priess, J., Mimler, M., Klein, A., Schwarze, S., Tscharntke, T., and Steffan-Dewenter, I. (2007). Linking deforestation scenarios to pollination services and economic returns in coffee agroforestry systems. Ecological Applications, 17, 407-417.

Pritchard, K. (2005). The unseen costs of agricultural expansion across a rainforest landscape: Depauperate pollinator communities and reduced yield in isolated crops. Unpublished master's thesis, James Cook University, Queensland, Australia.

Proctor, M., Yeo, P., and Lack, A. (1996). The natural history of pollination. Portland, OR: Timber Press.

Pulliam, H. R. (1988). Sources, sinks, and population regulation. American Naturalist, 132, 652-661.

Pywell, R. F., Warman, E. A., Carvell, C., Sparks, T. H., Dicks, L. V., Bennett, D., et al. (2005). Providing foraging resources for bumble bees in intensively farmed landscapes. Biological Conservation, 121, 479-494.

Ricketts, T. H. (2004). Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. Conservation Biology, 18, 1262-1271.

Ricketts, T. H., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., and Michener, C. D. (2004). Economic value of tropical forest to coffee production. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 101, 12579-12582.

Robinson, W. S., Nowogrodzki, R., and Morse, R. A. (1989a). The value of honey bees as pollinators of U.S. crops. American Bee Journal, 129, 477-487.

----1989b. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops. American Bee Journal, 129, 411-423.

Roubik, D. (1995). Pollination of cultivated plants in the tropics. Rome: Food and Agriculture Organization.

----2001. Ups and downs in pollinator populations: When is there a decline? Conservation Ecology, 5, 2.

Shuler, R. E., Roulston, T. H., and Farris, G. E. (2005). Farming practices infl uence wild pollinator populations on squash and pumpkin. Journal of Economic Entomology, 98, 790-795.

Slaa, J., and Biesmeijer, K. (2005). Flower constancy. In A. Dafni, P. G. Kevan, and B. C. Husband (Eds.), Practical pollination biology (381-400). Cambridge, Ontario, Canada: Enviroquestion.

Steffan-Dewenter, I., and Tscharntke, T. (1999). Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. Oecologia, 121, 432-440.

Steffan-Dewenter, I., Klein, A.-M., Gaebele, V., Alfert, T., and Tscharntke, T. (2006). Bee diversity and plant-pollinator interactions in fragmented landscapes. In N. M. Waser and J. Ollerton Eds., Specialization and generalization in plant-pollinator interactions (387-410). Chicago: University of Chicago Press.

Thomson, J. D., and Goodell, K. (2001). Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond fl owers. Journal of Applied Ecology, 38, 1032-1044.

Thomson, J. D., and Thomson, B. A. (1992). Pollen presentation and viability schedules in animalpollinated plants: Consequences for reproductive success. In R. Wyatt (Ed.), Ecology and evolution of plant reproduction: New approaches (1-24). New York: Chapman and Hall.

Tilman, D., Lehman, C. L., and Bristow, C. E. (1998). Diversity-stability relationships: Statistical inevitability or ecological consequence? American Naturalist, 151, 277-282.

Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., and Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensifi cation and biodiversity: Ecosystem service management. Ecology Letters, 8, 857-874.

Vaughan M., Shepard, M., Kremen, C., and Black, S. H. (2004). Farming for bees: Guidelines for providing native bee habitat on farms. Portland, OR: The Xerces Society.

Vizquez, D. P., Morris, W. F., and Jordano, P. (2005). Interaction frequency as a surrogate for the total effect of animal mutualists on plants. Ecology Letters, 8, 1088-1094.

Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., and Tscharntke, T. (2003). Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. Ecology Letters, 6, 961-965.

Westrich, P. (1996). Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats. In A. Matheson, S. L. Buchmann, C. O'Toole, P. Westrich, and I. H. Williams (Eds.), The conservation of bees (1-16). London: Academic Press.

Williams, N., and Kremen, C. (2007). Floral resource distribution among habitats determines productivity of a solitary bee, Osmia lignaria, in a mosaic agricultural landscape. Ecological Applications, 17, 910-921.

Williams, N. M., Minckley, R. L., and Silveira, F. A. (2001). Variation in native bee faunas and its implications for detecting community changes. Conservation Ecology, 5, 7.

Winfree, R., Griswold, T., and Kremen, C. (2007). Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. Conservation Biology, 21, 213-223.

Wolda, H. (1988). Insect seasonality: Why? Annual Review of Ecology and Systematics, 19, 1-18.

الفصل الثالث

التلقيح في البيوت المحمية

José M. Guerra-Sanz

مقدمة

توفر الزراعة في البيوت المحمية نظاماً إنتاجياً ذا دخلٍ مرتفعٍ بوحدة المساحة بسبب المنافع العديدة التي يوفرها، مثل: الإنتاج على مدار العام، وتحسين نوعية المنتجات وزيادة المحصول. وتسمح البيوت المحمية باستخدام فعال للمياه، والأسمدة، والمبيدات والعمالة. وبسبب جميع هذه المنافع، فإن الزراعة المحمية، بالأخص الإنتاج في البيوت المحمية، زادت بشكل واسع وعلى صعيد عالمي خلال العقود الثلاثة الماضية. حيث تبلغ مساحة الزراعات المحمية في العالم ما يقارب ٢ مليون هكتار، وتبلغ مساحة المزروع في البيوت المحمية حوالي ٧٠٠ ألف هكتار (Pardossi et al., 2004). يشهد حوض البحر المتوسط زراعات محمية بشكلٍ كبير وكثيفٍ. حيث تدخل حوالي ٣٣٠ ألف هكتار في دول حوض البحر المتوسط في نطاق الزراعة المحمية، والتي منها حوالي ١٩٠ ألف هكتار داخل البيوت المحمية (Jouet, 2001). والدول الرائدة في المنطقة هي إسبانيا، وتركيا وايطاليا، ثم يأتي بعد ذلك فرنسا، وفلسطين المحتلة واليونان. تتضمن الزراعة في البيوت المحمية العديد من المحددات، مثل عملية التلقيح.

الجدول (٣,١). معامل الاعتماد على التلقيح لمحاصيل معينة. محسوبة بناء على (Southwick and Southwick, 1992)[1].

النبات	الإنتاج (طن متري)	قيمة الإنتاج (يور × ١٠٠٠)	عامل الاعتماد على التلقيح	القيمة الناتجة من كل ملقح (يورو × ١٠٠٠)
البطيخ	٢٠٠٢١٠	٥٤٠٥٧	٠,٤	٢١٦٦٢,٨
شمام	١٦٣٠٢٤	٨٤٧٧٢	٠,٦	٥٠٨٦٣,٢
القرع	٢٢٩٣٥٢	١٤٤٤٩٢	٠,٦	٨٦٦٩٥,٢
الخيار	٢٦٢٢٠٠	١٦٧٨٠٨	٠,١	١٦٧٨٠,٨
الباذنجان	٧٠٢٠٠	٣٥١٠٠	٠,٦	٢١٠٦٠
البندورة	٨٠٦٧٣٦	٥٧٢٧٨٣	٠,٦	٣٤٣٦٦٩,٨
الفلفل	٥٤٢٩٢٥	٣٥٢٩٠١	٠,٢	٧٠٥٨٠,٢
فاصوليا خضراء	٦٤٩٧٠	٧٠٨١٧	٠,٠١	٧٠٨,١٧
المجموع	٢٣٣٩٦١٧	١٤٨٢٧٣٠		٦١١٩٨٠,١٧

(١) قام المؤلفون بحساب معامل الاعتماد لكل محصول باعتبار حالة غياب الملقح.

ويعتبر التلقيح (وهو عملية وضع كميات كافية من حبوب اللقاح على الميسم في الوقت المناسب من أجل الإخصاب) ضرورياً لجميع النباتات البستانية والتي تزرع من أجل الحصول على فواكه ذات وزن ونوعية عالية، وتعد النوعية جزئية كبرى من موضع الاهتمام في عملية البستنة للمحاصيل المبكرة جداً (إنتاج المحاصيل البستانية في غير مواسمها) والتي تعتمد عادةً على فعالية التلقيح.

من أجل تحديد وجهة نظر اقتصادية قوية، فإن أهمية تلقيح المحاصيل في البيوت المحمية يمكن تقديرها من خلال الجدول (٣,١). نلاحظ أن حوالي ٤٥٪ من قيمة المحاصيل في البيوت المحمية تعتمد على عملية التلقيح. مصدر هذه البيانات التقرير الرسمي للمجلس الأندلسي للزراعة والأسماك في الميريا (جنوب-غرب إسبانيا) لعام ٢٠٠٢، حيث إن أكثر من ٢٠ ألف هكتار تُزرع تحت البيوت البلاستيكية في هذه المنطقة سنوياً.

ومن وجهة نظر تصنيفية، هناك أربع عائلات نباتية تزرع تجارياً في البيوت المحمية: العائلة الباذنجية Solanaceae (بندورة، فلفل والباذنجان)، وعائلة القرعيات Cucurbitaceae (البطيخ، الشمام، القرع والخيار)، والعائلة الوردية Rosaceae (الفراولة)، وعائلة البقوليات Leguminosae (فاصوليا خضراء). هذه القائمة تختلف من بلد لآخر، وبعض هذه المحاصيل لا تنمو في كل مكان. على سبيل المثال، الفراولة المنتجة في البيوت البلاستيكية ليست مهمة تجارياً في إسبانيا، ولكنها مهمة في فلسطين المحتلة وتركيا. عوائل النباتات الأربع لها بيولوجية تزهير خاصة بها، وهي مهمة في تحديد وقت الحاجة لعملية التلقيح وما هو الملقح الأفضل.

تأثير بيولوجية الإزهار لنباتات البيوت المحمية على الملقحات

محتوى الرحيق

نحل العسل والنحل الطنّان (وهما أكثر الملقحات استخداماً في عملية التلقيح في البيوت المحمية) تنجذب إلى حبوب اللقاح والرحيق وبالتحديد سكريات الرحيق. أكدت العديد من الدراسات أهمية حجم الرحيق، بينما أظهرت دراسات أخرى أهمية تركيز ونِسب وجود أنواع معينة من السكريات (Baker and Baker, 1983; Kevan, 1983). الرحيق هو مادة سائلة تتألف من العديد من المواد (Baker and Baker, 1983)، وبشكل رئيسي السكروز، والجلوكوز والفركتوز. وتعتبر بعض الكربوهيدرات الأخرى مثل الأرابينوز، الجلاكتوز، المانوز، الجينتيبيوز، اللاكتوز، المالتوز، الميليبيوز، التريهالوز، الميليزيتوز، الرافينوز والستاكيوز من مكونات الرحيق (جدول ٣,٢) (Kevan, 2003). أصناف الرحيق السابقة يمكن ترتيبها في ثلاث مجموعات بناءً على محتوى السكر: سيادة السكروز، سيادة الجولوكوز والفركتوز، أو كميات متساوية من السكروز والجلوكوز والفركتوز (الجدول ٣,٢). وجدت العديد من المواد

الكيميائية الأخرى في الأنواع المختلفة من الرحيق (Kevan, 2003)، مثل الأحماض الأمينية والأنزيمات والعناصر المعدنية وغيرها.

الجدول (٣,٢). السكريات الرئيسية التي وجدت في رحيق محاصيل مختلفة وذكرت في دراساتٍ سابقة (Guerra-Sanz et al., 2005). عمليات التحليل تمت على أساس متغيرين لكل محصول، باستخدام جهاز الفصل الكروموتوغرافي ذي الأداء العالي (HPLC) [(١)] باستثناء الفراولة.

النوع	سكروز	جلوكوز+ فركتوز	سكريات أخرى موجودة	نوع الرحيق
الفلفل	نعم	نعم	آثار قليلة من الرافينوز	سيادة جلوكوز–فركتوز (نسبة سكروز إلى السكريات السداسية تعتمد على الصنف ووقت أخذ الرحيق)
البطيخ	نعم	نعم		سيادة السكروز (معدل السكروز إلى السكريات السداسية تعتمد على جنس الزهرة)
الشمام	نعم	نعم	رافينوز – ستاكيوز	سيادة السكروز (معدل السكروز إلى السكريات السداسية تعتمد على جنس الزهرة)
القرع	نعم	نعم	رافينوز – آثار قليلة ستاكيوز	سيادة السكروز (معدل السكروز للسكريات السداسية تعتمد على جنس الزهرة)
الخيار	نعم	نعم		سيادة الجولوكوز والفركتوز (Grunfeld et al., 1989)

(١) تم القياس بواسطة جهاز الفصل الكروموتوغرافي ذي الأداء العالي باستخدام عمود Sugar pack وباستخدام الماء بمعدل ٠,٥ ملم/دقيقة كمادة ناقلة "طور متحرك"، ودرجة حرارة فرن العمود ٩٠°م وتم تتبعها بواسطة دليل معامل الانكسار.

عناصر الزهرة الأخرى الجاذبة للملقحات

وتُعتبر بعض العناصر الزهرية مثل الحجم، اللون، أعضاء الزهرة، دلالاتِ الرحيق على تويج النبات، حجم الرحيق، مكونات الرحيق وكمية حبوب اللقاح عواملَ مهمة في جذب نحل العسل والنحل الطنّان، وبالتالي يمكن أن تؤثر في انتظام وتكرار الزيارات (Dobson et al., 1990; Fahn, 1979; McGregor, 1976). على سبيل المثال، انعكاس لون التويج في القرع الصيفي يُظهر ازدواجية الشكل بين أجناس الزهرة (J. M. Guerra-Sanz, A. Roldan and A Mena، اتصال شخصي، ٢٠٠٦)، والتي يمكن أن تساهم في تباين وتفضيل البحث عن الغذاء في النحل الطنّان. بالإضافة إلى ذلك، اكتشاف لقاح التويج من قبل الملقح يمكن أن يتأثر بالغطاء البلاستيكي للبيت الزراعي، والسبب أن بعض المواد تقلل من مقدار الأشعة فوق البنفسجية (UV) في أطياف أشعة النهار، كما سنتطرق له لاحقاً.

تشير الدراسات الحديثة إلى أن المكونات الكيميائية التي تدخل في عبير الزهرة يمكن أن تلعب دوراً مهماً في جاذبية الزهرة للنحل (Henning et al., 1990; Masson et al., 1993; Matile and Altenburger, 1988; Pham-Delegue et al., 1989). إن الروائح المتطايرة من التركيب الكيميائي للزهرة يمكن أن تؤثر في سلوك النحل. فالإشارات المتعلقة بحاسة الشم يتم تعلمها بشكل سريع، مما يشير إلى أن سلوك الحصول على الغذاء من خلال الارتباط مع الكمياويات الأخرى المتوفرة في النبات والتي تعمل كإشاراتِ إشعارٍ كيميائية بالنسبة للنحل (Pham-Delegue et al., 1990). بالإضافة إلى ذلك، وفي بعض الحالات ينجذب النحل بشكل أكبر للأزهار التي تحتوي على كميات قليلة من الرحيق أكثر من تلك الأزهار التي تحتوي كميات كبيرة، وقد يكون السبب وراء ذلك إشارات الرائحة الكيميائية التي تُسيطر على سلوك النحل. لذلك، فإن سلوك النحل يتم تحديده اعتماداً على الدلالات التي يتسلمها مثل اللون والشذا،

وكذلك الكميات الحقيقية التي يحصل عليها من الرحيق وحبوب اللقاح. لقد ركزت الدراسات الحالية على وصف أهمية كل عامل من العوامل والتفاعل بينها في جاذبية الزهرة للنحل. كما أن تأثير الغذاء المتوفر بالزهرة والدلالات الأخرى تمت دراستها من مجموعة من الباحثين (Mena Granero et al., 2004; 2005a, 2005b) ، ولكنها قد لا تكون جاهزة كفايةً لتتحدث حول كل الأصناف التي يتم زراعتها.

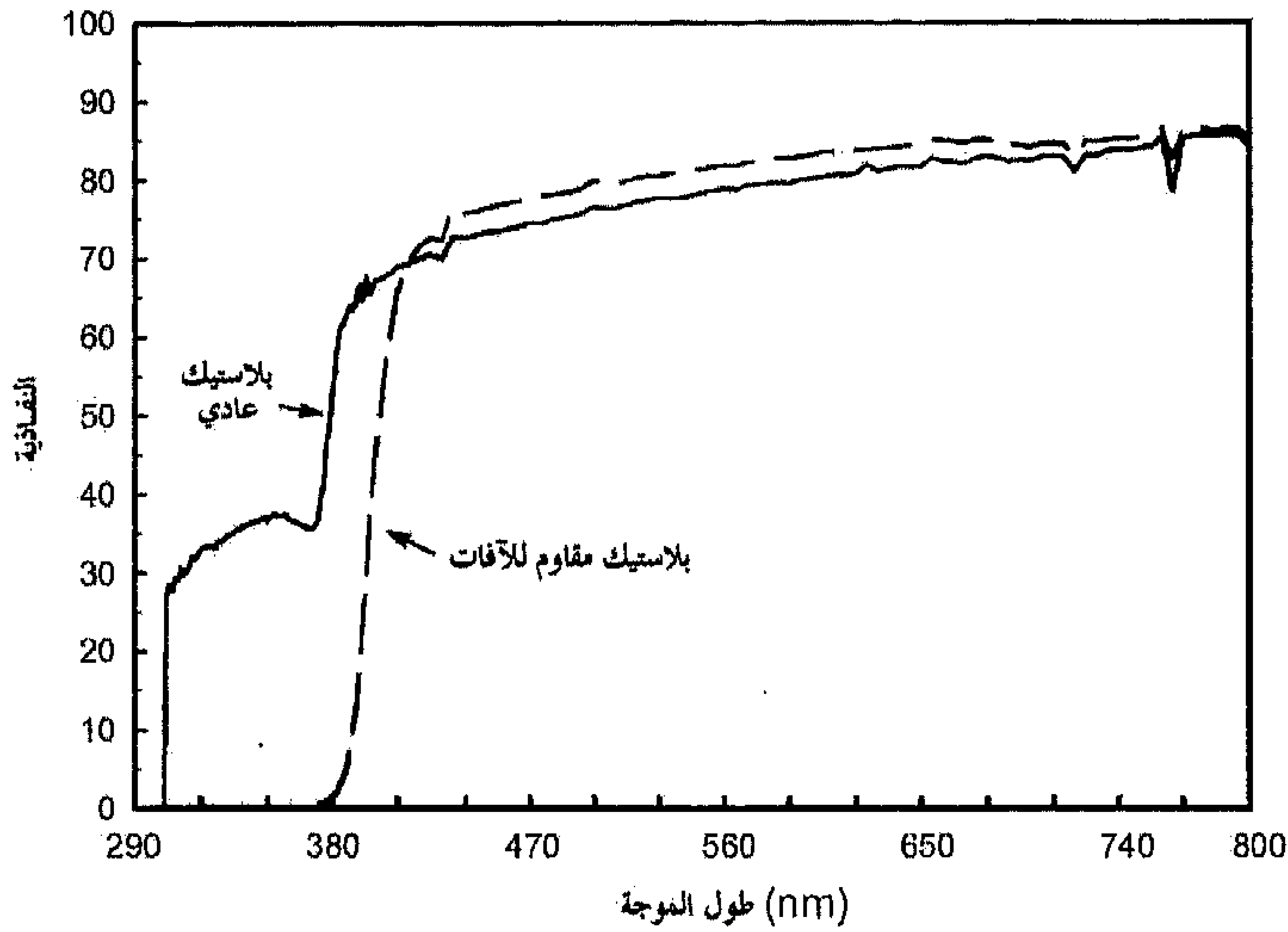
تأثير الصفات الفيزيائية للبيوت المحميّة على الملقحات

أغطية البيت الزجاجي

بدلاً من استعراض جميع أنواع البيوت المحميّة، لخصتُ هنا التبعات البيئية التي يسببها البيت المحميّ للملقحات وقدرتها على التلقيح. بشكل عام، البيوت المحمية مغطاة بزجاج أو بأنواع معينة من البلاستيك، مثل البوليلورايد (PVC)، أو البوليكروبانات (PC)، أو البولي إثيلين (PE). البولي إثيلين هو الأكثر شيوعاً بين أنواع البلاستيك المختلفة. بالإضافة إلى أن هذه المواد تختلف في نقلها للأشعة فوق البنفسجية (طول الموجة بين ٣٠٠ إلى ٤٠٠ نانومتر). البلاستيك الذي يحجب الأشعة فوق البنفسجية يساعد في تقليل مستوى الحشرات الضارة على المحصول (Costa et al., 2002). على أية حال، الأشعة فوق البنفسجية تُعتبر عنصراً مهما في رؤية النحل وتوجيهه (Peitsch et al., 1992)، ودرجة نقل الأشعة فوق البنفسجية من خلال الأغطية المستخدمة في الزراعة المحمية تؤثر في سلوك النحل المستخدم من أجل عملية التلقيح. ويتصرف النحل بشكلٍ طبيعي تحت السطح الزجاجي الذي يضمن نقلاً جيداً للأشعة فوق البنفسجية (إلى نسبة ٨٠٪). تحت كل من البوليلورايد (PVC)والبوليكروبانات (PC)، وعند وجود نقل قليل للأشعة فوق البنفسجية (أقل من ٣٪)، فإنها تتصرف بشكلٍ ضعيف، إلى أن "تتعلم" كيف

تتعامل مع وجود نقص في الأشعة فوق البنفسجية وبالتالي مع نقص الإشارات الضوئية (انظر في آخر الفصل).

يعتمد نظام الإدارة المتكامل للآفات (IPM) في البيوت المحمية على حجب الأشعة فوق البنفسجية من أجل السيطرة على الحشرات (Soler et al., 2006 ، الشكل ١ ,٣). في بيوت البندورة المحمية، يتدخل تقليل الإشعاع في قدرة النحل على الطيران ويقلل من نشاطه (Dag and Eisikowitch, 2005). وفي تجربة للنحل الطنّان، لوحظت العديد من السلوكيات بالاعتماد على نوع الغطاء البلاستيكي المستخدم (Soler et al., 2006).



الشكل (٣,١). نسبة نفاذ الضوء في نوعين من أنواع البلاستيك: "بلاستيك عادي" بدون فلتر للأشعة الفوق بنفسجية (الخط الأسود) والبلاستيك المقاوم للآفات (الخط المنقط) مع فلتر للأشعة الفوق بنفسجية.

يظهر تحت البلاستيك الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية كم أكبر من النحل الطنّان في مدخل الشبكة بدون طيران للحصول على الغذاء مقارنة مع البلاستيك الذي

لا يَحجب الأشعة فوق البنفسجية. النحل الطنّان الذي يطير تحت البلاستيك الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية يستغرق وقتاً أطول في مكوثه على مدخل العش أو الخلية قبل الطيران. النحل الطنّان يعود من رحلة طويلة يمضي فيها وقتاً طويلاً على المدخل قبل الدخول إلى العش. في حال وجود مواد تحجب الأشعة فوق البنفسجية، كما أن النشاط اليومي يبدأ متأخراً مقارنةً مع عدم وجود مواد تمتص الأشعة فوق البنفسجية.

قام Morandin وزملاؤه (٢٠٠١) بمقارنة أربعة أنواع من أغطية البولي إيثيلين (PE)، أحدها تنفذ الأشعة فوق البنفسجية بدرجة عالية (ويسمى CT)، والثلاثة أنواع الأخرى تنفذ فقط جزءا قليلاً جداً من الأشعة فوق البنفسجية (يصل إلى الصفر). ولقد وجدوا بأن النحل تحت أغطية CT يقوم بضعف عدد الزيارات (مرات السروح) مقارنة بالنحل تحت الأنواع الثلاثة الأخرى. إضافة إلى ذلك فإن عدداً أقل من النحل يتم فقدانه وضياعه تحت بلاستيك CT (١٣٦٪ نحل يبقى بعد ١٠ أيام). بطريقة مماثلة، فإن مستعمرات النحل الطنّان تتصرف بطريقة أفضل، من خلال مقياس عدد زيارات الحصول على الغذاء من الزهرة، في حال البلاستيك الذي يحجب الأشعة فوق البنفسجية إذا دخل بعض الضوء (يحتوي على أشعة فوق بنفسجية) إلى البيت المحمي من خلال الشبك أو أي طريقة أخرى.

استخدم Dyer and Chittka (2004) أزهار بندورة صناعية على بعد ١م من وجود أشعة فوق بنفسجية أو عدم وجود أشعة فوق بنفسجية، وقد وجدا بأن النحل الطنّان يستطيع التعرف على وجود الأشعة فوق البنفسجية. ومع ذلك فإن النحل الطنّان استطاع إيجاد الأزهار في المجموعتين بعد أن تعلم كيف يميز الأزهار بغياب الأشعة فوق البنفسجية.

زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو

في البيوت المحمية الحديثة، يزداد مستوى ثاني أكسيد الكربون صناعياً من أجل تحفيز نموالنباتات (إلى ثلاثة أضعاف المستوى الطبيعي بحوالي ٣٦٠ جزء من المليون). وفي

بعض الحالات، قياس مستوى ثاني أكسيد الكربون في المخارج قد يصل إلى عشرة آلاف جزء من المليون. نشاط وتطوير مستعمرات النحل الطنّان القريبة من المخارج تتأثر بشكل سلبي في حال وجود تركيز فوق ألف جزء من المليون. بينت الأبحاث بأن التركيز الذي يزيد عن ألف جزء من المليون يجعل النحل غير فعال في التلقيح، وفي مستوى خمسة آلاف جزء من المليون فإنه يؤدي إلى قتل اليرقة الأولى والبالغات (yan Doorn, 2006). موت المستعمرة يحدث بشكلٍ كامل عند تركيز خمسة عشر ألف جزءٍ من المليون. لذلك، صناديق الخلايا يجب أن تُوضع بعيداً عن مخارج الغاز (وليس تحتها وعلى الأقل بعيدة عنها ١م)، أو إغلاق المخارج القريبة من المستعمرات. تأثير آخر مهم للأجواء الغنية بثاني أكسيد الكربون تم ملاحظته في تلقيح البطيخ، حيث إن ارتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون يؤثر على زيادة الحصول على الغذاء من خلال زيادة تركيز السكر في رحيق الزهرة وبالتالي زيادة نشاط نحل العسل (Dag and Eisikowitch, 2000).

درجة الحرارة والرطوبة في البيوت المحمية

كمية حبوب اللقاح الآتية لا تتأثر فقط بكمية اللقاح المتوفرة في داخل البيت المحمي ولكن أيضاً بنشاط النحلة في السروح وجمع الغذاء. عاملات النحل الطنّان لا تقوم بالسروح في العادة في درجات حرارة أقل من عشر درجات مئوية (Heinrich, 1979). ولكن، بالمقارنة مع النحل الآخر، بما في ذلك نحل العسل، فإنها تقوم بالسروح في درجات حرارة أقل نسبياً. لهذا السبب، فإنها تُعتبر ملقحات جيدة تعمل على حماية المحصول في الظروف المناخية السيئة (انظر، e.g., Abak et al., 1997, and Ercan and Onus, 2003, for pepper؛ Dasgan et al., 2004, for tomato; Abak and Dasgan, 2005, for eggplant). يتأثر نشاط الحصول على الغذاء للنحل الطنّان أيضاً بدرجات الحرارة المرتفعة (أكثر من ٣٠°م). في البيوت المحمية، درجات الحرارة العليا يمكن أن تصل إلى درجة مرتفعة، أكثر من ٤٠°م (Abak and Dasgan, 2005). وتتأثر قدرة النحل الطنّان على السروح والحصول على الغذاء عندما تصل درجة الحرارة إلى ٣٢°م (Kwon and Saeed,

(2003، على الرغم من مشاهدة النحل الطنّان يقوم بالسروح وزيارة الأزهار على درجة حرارة ٤٥°م (J. M. Guerra-Sanz and A. Roldan-Serrano، اتصال شخصي، تموز "يوليو" ٢٠٠٤). إلا أنها قادرة على الطيران بشكل طبيعي في درجات حرارة قد تصل إلى ٣٥°م فقط، ومع ذلك فهي تفضل البقاء في الخلية لتهوية الحضنة. وعند درجة حرارة أعلى من ٣٢°م فإن النحل الطنّان لا يتوقف عن السروح ليبدأ بتهوية الحضنة فحسب بل يتوقف أيضا عن تغذية اليرقات (Heinrich, 1979; Vogt, 1986). النحل الطنّان يمكن أن يتحمل الجوع لفترة زمنية معتبرة (قد تصل ٢-٣ أيام) قبل أن تموت، كما أن فترة الجوع تؤدي إلى فترة تطور أطول (Plowright and Pendrel, 1977; Sladen, 1989; Sutcliffe and Plowright, 1990). على أية حال، كون الأيام الحارة يتخللها طقس معتدل خلال ساعات الصباح الباكر أو المساء المتأخر (Abak and Dasgan, 2005) فإنه لن تتوقف عملية التلقيح وكذلك عملية الحصول على حبوب اللقاح بشكل كامل. وعند درجة حرارة ٤٠°م تقريباً، يحمي النحل جسمه عند ارتفاع الحرارة من خلال تقليل نشاطه، ويتوقف عن الحركة. طالما أنها تقوم بتهوية الحضنة بالعش فإنها قادرة على إبقاء درجة حرارة الحضنة مساوية للحرارة الجوية أو أعلى بدرجة إلى درجتين (Heinrich, 1979; Vogt, 1986)، ولكن في درجات حرارة أعلى من ٤٠°م فلا تكون قادرة على تبريد الحضنة أقل من درجة الحرارة الخارجية المحيطة بها. واقترح Vogt (1986) بأن السبب هو الاستخدام القليل أو عدم استخدام التبخير من أجل التبريد. من المعروف جيداً بأن بعض الحشرات الاجتماعية، مثل نحل العسل والدبابير، تُبرد العش من خلال تبخير المياه التي تُجمع لأجل هذا الغرض (انظر Wilson, 1971). على الرغم من أنه لا يوجد اتفاق على مستوى درجة الحرارة المُؤثرة، ولكن تمت الإشارة إلى أن درجة حرارة تصل إلى حد ٤٠°م تعتبر درجة الحرارة القصوى التي يمكن أن تبقى عندها خلايا النحل الطنّان على قيد الحياة في حال وجود مصدر كافٍ من الغذاء "الطاقة" (van Doorn, 2006).

يتم إنتاج حبوب اللقاح بدون أية مشاكل في الزراعة المحمية المدَفأة في مناطق الجو البارد، مثل هولندا. ولكن، كمية ونوعية حبوب اللقاح تقل في المناطق التي فيها

شتاء معتدل (Abak et al., 1997). على سبيل المثال، في تركيا وإسبانيا، يُستخدم التسخين من أجل التخلص من الصقيع في أوقات معينة. ومن الطبيعي وجود تذبذب حقيقي في درجات الحرارة داخل البيوت المحمية (في الشتاء: درجات حرارة باردة في الليل وفي الربيع: درجات حرارة مرتفعة في النهار داخل البيت) (Abak et al., 1995). مشاكل مناخية أخرى مهمة تتمثل في الرطوبة العالية الناتجة عن عدم وجود نتح كاف ونفاذية محدودة للضوء خلال الغطاء البلاستيك. في كلتا الحالتين فإن ذلك يؤثر على إنتاج حبوب اللقاح. ولذلك لقي التلقيح اهتماماً في الزراعات المحمية في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط.

اعتبار أخير حول الحرارة وسلوك النحل قدمه Dyer وزملاؤه (2006) والذي أوضح فيه أن النحل يفضل الرحيق الدافئ على الرحيق البارد والنحلة تستخدم لون الزهرة للتعرف على حرارتها قبل زيارتها. إشارات ودلالات لون الزهرة تُستخدم من قبل الملقحات من أجل الحصول على الغذاء، مثل الرحيق. كون حشرات التلقيح تحتاج إلى استهلاك الطاقة من أجل الحفاظ على جسمها بدرجة حرارة أعلى من درجة الحرارة المحيطة، فإن حرارة الزهرة يمكن أن تكون جزءا من فوائد الزيارة للزهرة. النحل الطنّان (*Bombus terrestris*) يفضل زيارة الأزهار الدافئة ويمكن أن تتعلم استخدام اللون من أجل التعرف على درجة حرارة الزهرة قبل الهبوط. ويمكن أن تُكيّف الزهرة أيضاً درجة حرارتها لتشجيع عملية الزيارة للتلقيح.

استخدام النحل بعملية التلقيح في الزراعة المحميّة

النحل الطنّان: الاستخدام التجاري والتوزيع العالمي

ظهرَ الخلاف حديثاً حول استخدام أنواع معينة من النحل في زراعة البيوت المحمية (Venlthuis and van Doorn, 2006): هل عملية تدجين الحيوان (أو النبات) سبب كافٍ

لتوزيعها حول العالم؟ أو من الواجب أن تبقى الأنواع في نظامها البيئي الأصلي فقط أو على الأقل ضمن الحدود الطبيعية لها؟ إذا كان كذلك، من سيتخذ مثل هذا القرار ومن سيقوم بوضعه حيز التنفيذ على صعيد العالم؟ استخدام النحل الطنّان غير المحلي يوضح هذه التناقضات (انظر الفصل التاسع في هذا المجلد). من ناحية، هناك آراء عديدة بالنسبة للمناقشين، ومن ناحية أخرى، هناك طلبات من مزارعي البندورة والشركات لتربية النحل الطنّان. الأفراد في الطرف الأخير يناقشون وجُوب السّماح لهم بالتجارة الحرة في النحل الطنّان، بدون الاهتمام بإدخال أنواع غريبة. إن مزارعي البندورة يعرفون أن النحل الطنّان يُلقح البندورة بطريقة أرخص وأفضل من التقنيات الأخرى.

من البساطة عدم الإدراك بأن السماح لبعض أنواع الحشرات بدخول مناطق جديدة يشكل خطراً بيئياً، بالرغم من أن تأقلم مستعمرات هذه الحشرات في البيئات الجديدة لم يُظهر أي تأثير ضارٍ على الحشرات الأخرى المنافسة (Nagamitsu et al., 2007). على سبيل المثال، يُدَّعى بأن أمراض النحل الطنّان في أوروبا مثل نوزيما النحل أو إسهال النحل (*Nosema bombi, Locustacarus spp*... إلخ) قد انتقلت إلى نحل العسل في اليابان ونيوزلاندا (Thorp, 2003) نتيجة استيرادها لخلايا النحل الطنّان من نوع *B. terrestris* من الشركات الأوروبية المنتجة، أو أن هذه الأمراض انتشرت من خلال تربية الأنواع اليابانية المحلية في أوروبا (على سبيل المثال: *B. ignites*) وبنفس الظروف، والوسائل والأماكن المستخدمة في تربية النحل الطنّان *B. terrestris* وبعدها إرسال هذه الأنواع المحلية والتي تم تربيتها بشكل تجاري إلى اليابان حاملةً الأمراض الشائعة والتي تصيب النحل الطنّان من نوع *B. terrestris*.

النحل الطنّان ***Bombus terrestris***: **"نموذج" للملقحات في الزراعة المحميّة**

يمتلك النحل الطنّان ميزة على نحل العسل، بالأخص في مجال القدرة على السروح وسلوك التلقيح، ويرجع السبب إلى قدرة النحل الطنّان على التلقيح من

خلال الطنين" buzz " (Bushmann, 1983; Corbet et al., 1988; Harder and Barclay, 1994). بسبب هذه الخاصية المميزة، يُستخدم النحل الطنّان في تلقيح النباتات في البيوت المحمية. وبلغت عدد خلايا النحل الطنّان المباعة في العام ٢٠٠٤م حوالي ٩٣٠ ألف خلية من نوع *B. terrestris* الأوروبي-الآسيوي Eurasian، وحوالي ٥٥ ألف خلية من نوع *B. impatiens* المنتشر في شمال الولايات المتحدة الأمريكية وعدة آلاف من الخلايا من نوع *B. lucorum* الأوروبي-الآسيوي و *B. ignitus* الشرق آسيوي و *B. occidentalis* المنتشر بشمال الولايات المتحدة الأمريكية (Velthuis and van Doorn, 2006). لذلك من وجهة نظر اقتصادية بحتة، فإن تربية النحل الطنّان وتسويقه هو عمل كبير ويستحق الاستثمار ببلايين الدولارات. إنتاج خلايا النحل الطنّان أُدرج كواحد من سلسلة الأعمال الزراعية، ولكن ليس بدون مشاكل، بما في ذلك تصدير أنواع جديدة إلى قارة أو جزيرة جديدة، كما ذكرنا سابقاً.

كان هناك ادعاء بأن خلية النحل الطنّان التي تعيش داخل البيوت الزراعية المحمية عرضة لنفس المحددات المتوفرة في المختبرات أو في أماكن التربية (Velthuis and van Doorn, 2006)، على الرغم من الإشارة لوجود بعض الفروقات. على سبيل المثال، يبدأ عدد العاملات بالانحصار والنقصان سريعاً في الزراعة المحمية أكثر منها في أماكن التربية المخصصة، ويعود ذلك لسببين: النوعية الرديئة للتغذية في الزراعة المحمية بالمقارنة مع التربية ودرجات الحرارة المتقلبة والحادة في الزراعة المحمية.

هناك تباين واسع في عدد العاملات، والملكات وعدد الذكور في الخلية لكل نوع من أنواع النحل الطنّان. بالعادة، الخلايا التي تُستخدم من أجل عملية التلقيح التجارية يتم اختيارها بناءً على عدد العاملات والتي يجب أن يصل إلى ٥٠ عاملة (Velthuis and van Doorn, 2006)، على الرغم من أن عدد هؤلاء العاملات قليل مقارنة مع ما هو موجود في المستعمرات الطبيعية، فمستعمرات النحل الطنّان *B. terrestris* المرباة في الطبيعة يمكن أن تنتج ٤٠٠ عاملة، وقد يصل عدد الملكات فيها إلى ٢٠٠ ملكة ومئات

الذكور. هذه الأرقام مقاربة أيضاً لخلايا *B. occidentalis*. أما فـي خلايا *B. impatiens* فقد تصل الأعداد إلى ضعف هذا العدد، وأما في حالة *B. ignites* وبالتأكيد فـي حالة *B. lucorum* فلا تتجاوز الأعداد في هذا النوع نصف أعداد مستعمرة النحل الطنّان من نوع *B. terrestris* (Velthuis and van Doorn, 2006).

في مستعمرات النحل الطنّان *B. terrestris* كما في أصناف النحل الطنّان الأخرى، تدخل الملكات فقط في السبات الشتوي. وتبدأ الملكات بتأسيس المستعمرة كأفراد بعد إنهاء فترة السبات. في البداية، تضع الملكة البيض، ويبدأ ظهور البالغات على مراحل، ويمكن تمييز مراحل ثلاث لوضع البيض. فخلال عملية وضع البيض الأولى، تضع الملكة بيوضاً مخصبة (تنتج إناثاً) وتسّود الملكة على الشغالات التي تُنْتَج من هذا البيض. الشغالات التي تظهر مبكراً تساعد الملكة على الرعاية بالحضنة. في مرحلة لاحقة من عمر المستعمرة، تعمد الملكة إلى وضع بيوض غير مخصبة (إنتاج ذكور) "وتسمى هذه المرحلة بنقطة التحول" وبعد هذه المرحلة تفقد سيطرتها على تكاثر الشغالات "نقطة منافسة". عادة هذه الأحداث تجري خلال الفترة الثالثة من وضع البيض، ولكنها يمكن أن تظهر بوقت مبكر أيضاً. من وجهة نظر تنافسية، الشغالات الأكثر سيطرة تضع بيوضاً غير مخصبة، وتأكل البيض الذي تضعه الملكة أو الشغالات الأخرى، ويمكن أن تهاجم بعضها البعض أو تهاجم الملكة. بالإضافة لذلك، خلال مرحلة التنافس هذه، قد يتم إنتاج ملكات من البيض المخصب الذي وضعته الملكة الأم في المرحلة المتأخرة (van Honk and Hogeweg, 1981; van der Blom, 1986; van Doorn and Heringa, 1986; Duchateau and Velthuis, 1988; Roseler and van Honk, 1990). تتطور مستعمرات *B. impatiens*، و*B. Occidentalis*، و*B. Lucorum*، و *B. Ignites* بنفس الطريقة (Hannan et al., 1997; Asada and Ono, 2000) على الرغم من أن مستوى العدوانية فـي *B. impatiens* خلال مـرحلة المنافسة أقل منه في حالة النحل الطنان (B. terrestris) (Pomeroy, 1981; Cnaani et al., 2002).

في البيوت المحمية، تتطور مستعمرات الأنواع المختلفة من النحل الطنّان كما هو متوقع وتم تجربته في المختبرات. ولكن هناك اختلاف في طول عمر الشغالات: الشغالات من المستعمرات التي تتطور بشكل حر لديها عمر أقصر من الشغالات التي تتطور في المختبر. والسبب وراء ذلك هو فقدان النحل السارح خلال عملية البحث عن الغذاء (Brian, 1952; Garofalo, 1978; van Doorn and Heringa, 1986; Küpper and Schwammberger, 1994; Katayama, 1996). يمكن تفسير الفقدان الكبير للنحل السارح في الحقل وبشكل جزئي من خلال التغييرات العمرية الفسيولوجية والمورفولوجية السريعة (مثال: من خلال تلف الأجنحة، Cartar, 1992). هذا ينطبق أيضاً على النحل السارح في أجواء البيوت المحمية. بالإضافة إلى ذلك، عندما يتم وضع صناديق الأعشاش في البيوت المحمية وتترك مخارج أو فتحات التهوية مفتوحة، فإن النحل السارح يمكن أن يَضيع خلال جولة الطيران الاستكشافي الأولى (إذا خرجت النحلة من البيت المحمي من خلال الشقوق فإنها تصبح غير قادرة على العثور على طريق العودة). يترك النحل السارح البيت المحمي في محاولة لجمع الغذاء من خارج تلك المساحة (انظر الأجزاء اللاحقة من الفصل). بالإضافة إلى ذلك، فإن النحل السارح يمكن أن يضيع عند إغلاق فتحات التهوية قبل عودتها من رحلة جمع الغذاء. من العوامل الأخرى التي يمكن أن تؤثر في عمر الأفراد أوالمستعمرة بالكامل نوعية الغذاء وتوفره والظروف البيئية وموقع الخلية في المحمية ووجود المفترسات والطفيليات وكذلك استخدام المبيدات.

نحل العسل: إدارة واستخدام الخلايا في البيوت المحميّة

تم التعرف على نحل العسل كملقحات ممتازة للعديد من النباتات، بما في ذلك العديد من المحاصيل مثل الدراق، اللوز، الكمثرى، التفاح، والبطيخ (McGregor, 1976; Corbet et al., 1991). تتمثل الصفات الرئيسية التي تجعل نحل العسل يحتل الصدارة على الحشرات وأنواع النحل الأخرى في الانتظام بزيارة الأزهار، وحجم

المستعمرة، وسلوك التنظيف الصحي. عندما تقوم النحلة السارحة بجمع الغذاء فإنها تركز على نوع واحد من الأزهار في نفس الوقت وتتجاهل الأزهار من الأصناف الأخرى، حتى لو كانت مليئة بالغذاء أو أقرب. على سبيل المثال، نحلة العسل في أحد البساتين قد تزور أزهار شجر التفاح فقط وتتجاهل أزهار الهندباء، بينما نحلة أخرى من نفس الخلية يمكن أن تزور أزهار الهندباء بينما تتجاهل أزهار شجر التفاح. كل نوع من النحل يبقى ثابتاً على صنف معين من الأزهار، على الرغم من إمكانية تحوله لنبات آخر في حال نقص الغذاء من الصنف الأول الذي تزوره. هذا السلوك معروف في نحل العسل والنحل الطنّان وفي بعض الأحيان في الفراش (Free, 1963, 1970; Goulson, Stout, and Hawson, 1997). يواجه النحل صعوبة في جمع حبوب اللقاح من بعض أصناف النبات في حال عدم التصاق وتجمع حبوب اللقاح مع بعضها البعض (Vaissière and Vinson, 1994)، لذلك من الممكن بأن عملية جمع حبوب اللقاح من أكثر من نوع قد تكون صعبة لعدم إمكانية تجميع وتشكيل حبوب اللقاح من أنواع وأصناف مختلفة. على أية حال، المشكلة في عملية الجمع لا تُفسر صفة الثبات على الزهرة والتي تتواجد أيضاً في النحل الذي يجمع الرحيق.

على الرغم من أن نحل العسل يُعد ملقحاً جيداً للعديد من النباتات، لكنها ليست الأفضل لجميع النباتات. فلديها لسان قصير لا يستطيع الوصول إلى الرحيق في الأزهار العميقة. في مثل هذه الأزهار، كأزهار محصول الفول (Fava bean) (Kirk, 2004) تعتبر أنواع النحل الطنّان ذات اللسان الطويل ملقحاتٍ أفضل. نحل العسل يتطلب وجود درجات حرارة مرتفعة (<١٢°م) من أجل عملية جمع الغذاء، لذلك فإن النحل الطنّان يعمل بشكل أفضل في الظروف الباردة أيضاً (Willmer, 1983).

من وجهة نظر تجارية، تُستخدم خلايا نحل العسل في البيوت المحمية من أجل تلقيح محاصيل ذات فترة إزهار قصيرة، مثل البطيخ أو الشمام. على أية حال، بالنسبة للمحاصيل ذات فترة الأزهار الطويلة مثل الفلفل والخيار والقرع، قد

يكون هناك مشاكل في استخدام نحل العسل، والسبب وراء ذلك انشغال نحل العسل في صيانة الخلية بسبب الخلل الناتج عن التذبذب في درجات الحرارة داخل البيت المحميّ.

بالإضافة إلى ذلك فإن بعض القيود الفيزيائية المرافقة يجب أن تُؤخذ بالاعتبار قبل وضع نحل العسل داخل البيوت المحمية. على سبيل المثال، اتجاه مجرى الهواء، ومستواه بالنسبة لموضع الخلية والذي يؤثر في نشاط عملية التلقيح في البطيخ. هذه الظاهرة يمكن توضيحها من خلال نزعة النحل للطيران فوق مجرى الريح (Dag and Eisikowitch, 1995).

تلقيح المحصول

بيولوجية الزهرة لمعظم المحاصيل الشائعة داخل البيوت المحمية

بعض المحاصيل تعقِد ثمارها عذرياً (مثل: بعض أصناف الخيار والقرع)، ولكن هذه العملية لا تحدث دائماً بالأخص في الأصناف المتداولة بشكل جيد في الأسواق. تعتمد الفواكه والحبوب "وبشكل خاص" على نجاح التلقيح عندما تكون الأنواع موضع الاعتبار لا تستطيع أو لا يجب أن تقوم بعملية التلقيح الذاتي أوتوماتيكياً. هذا صحيح إذا كان للأزهار أي تكيف لتتجنب عملية التلقيح الذاتي: مكانياً (Intraforal Herkogamy, Monoecious, or Dioecious Dicliny) أو فصلا زمنيا مؤقتا (Dichogamy: Protandry, Protoginy) لاستقبال لميسم وتواجد حبوب اللقاح أوعدم التوافق الذاتي (الجدول ٣,٣).

ويمكن أن تظهر بعض العقبات في عملية إنتاج المحاصيل، بالأخص في حالة النباتات التي تحوي الأزهار الذكرية والأنثوية على نفس النبات (Andromonoecy) على سبيل المثال الباذنجان والشمام. في هذه الحالات تَوفر حبوب اللقاح يمكن أن يُشكل عائقاً

في إنتاج المحاصيل، ونتيجةً لسلوك السروح الاختياري، الذي يستهدف الأزهار الذكرية بشكلٍ أكبر (والتي تنتشر بشكل أكثر من الزهور الأنثوية أو المخنثة). وجود هذه الظاهرة (Andromonoecy) شيء مرغوب به من قبل المُنتجين وذلك بسبب تفضيل الوصول إلى أصناف هجينة، وقد يتردد مربو النبات بتغيير هذه الظاهرة. عوامل أخرى يمكن أن تؤثر في عملية التلقيح هي تحسين عملية إنتاج الرحيق وإنتاج روائح الزهرة المتطايرة، على الرغم من أن هذه الظاهرة ليست هدفاً من قبل المنتجين لتحسين الأصناف.

الجدول (٣,٣). بيولوجية الإزهار وبعض الصفات المهمة في تلقيح بعض الأنواع البستانية المبكرة جدا.

النوع	بيولوجية الإزهار	الرحيق	حبوب اللقاح	صفات خاصة
البندورة (*Lycopersicon esculentum* Mill)	عنقود زهري وأزهار خنثى	غير متوفر	متك مثقوب	
الفلفل (*Capsicum annum* L.)	أزهار خنثى (مع درجة من التوافق)	غير متوفرة	متك مثقوب	يتوفر الرحيق حسب الصنف والموسم
الباذنجان (*Solanum melongena* L.)	أحادية المسكن	غير متوفر	متك مثقوب	
الشمام (*Cucumis melo* L.)		متوفر	المتك مفتوح	
البطيخ (*Citrullus lanatus*)	أحادية المسكن	متوفر	المتك مفتوح	
القرع (*Cucurbita pepo* L.)	أحادي المسكن	متوفر	المتك مفتوح	زمن تفتح الزهرة قليل جداً (٩ ساعات)
الخيار (*Cucumis sativus* L.)	أحادي المسكن	متوفر	المتك متلاصق	يوجد أصناف بكرية
الفراولة (*Fragaria* x *ananassa*)	زهرة خنثى- عنقود زهري	متوفر	المتك متلاصق	

البندورة (Mill) ***Lycopersicon sculentum*** **(العائلة الباذنجانية Solanaceae)**

استعراض عملية التلقيح في البندورة تم التطرق إليها حديثا (Westerkamp and Gottsberger, 2000) ، والتي تبين الحاجة إلى الاهتزازات لإطلاق حبوب اللقاح من المتك، وهو الجزء الذي يحتوي على حبوب اللقاح. تشكل مجموعة المتوك مخروطاً يتصل فيه كل متك مع الآخر داخليا بواسطة شعيرات. حبوب اللقاح تتساقط في هذا المخروط ويمكن أن تهرب من خلال فتحات موجودة في القمة. من أجل إطلاق حبوب اللقاح، يجب هز المخروط من قبل النحل والقيام بعملية تلقيح اهتزازي. هذا التلقيح مطلوب حتى عند حدوث عملية التلقيح الذاتية.

أزهار البندورة لا تنتج رحيقاً، على الرغم من أنه لا يوجد تأكيد بأن هذه الظاهرة موجودة في الأصل البري *Lycopersicon* أو أنها ناتجة من عمليات التدجين (Rick, 1950). لذلك، تحدث الجاذبية لأزهار البندورة بشكل رئيسي من خلال رائحة حبوب اللقاح (Dobson and Bergstrom, 2000) والعوامل الشكلية الأخرى للزهرة. تخرج رائحة حبوب اللقاح من حافظة حبوب اللقاح (Pollenkitt)، والتي تحتوي على مواد متطايرة من نفس المجموعة الكيميائية المتواجدة في رائحة الزهرة المميزة وتتواجد بخليط أو مزيج خاص بالنوع. ولكن، رائحة حبوب اللقاح تختلف عن رائحة أجزاء الزهرة الأخرى (Dobson and Bergstrom, 2000). الحشرات التي تتغذى على حبوب اللقاح يمكن أن تستقبل رائحة حبوب اللقاح وتستخدمها للتمييز بين أنواع حبوب اللقاح المختلفة والنبات العائل.

الفلفل (_**Capsicum annuum**_ **L.) (العائلة الباذنجانية Solanaceae)**

بالمقارنة مع عملية التلقيح في البندورة، القليل من الدراسات تم إنجازها فيما يتعلق بتلقيح الفلفل، ولكن تم بحث ذلك من خلال العديد من الدراسات المتناقضة.

على سبيل المثال McGreger (1976) بين أن الفلفل وأعضاء العائلة الباذنجانية Solanaceae تتميز بانخفاض الجاذبية لنحل العسل. من ناحية أخرى، العديد من الباحثين اقترحوا بأن نحل العسل، والتربس والنمل تلعب دوراً في عملية التلقيح الخلطي لهذه الأزهار (Rabinowitch et al., 1993). في الواقع عملية قياس درجة التلقيح الخلطي في ظروف الحقل تراوحت ما بين ٢٪ و٩٠٪، بالاعتماد على الظروف المحلية، والمناخ والمسافة بين النباتات (Pickersgill, 1997).

مكونات سكر الرحيق في أزهار الفلفل لا زالت تشوبها التناقضات والسبب أن الدراسات القديمة (Martin et al., 1932) بينت وجود سكر الجولوكوز فقط، على الرغم من أن وجود السكروز لم يتم الإشارة له. بين Rabinowitch وزملاؤه (1993) أن رحيق الفلفل يحتوي فقط على فركتوز وجولوكوز، بينما Roldan Serrano وGuerra- Sanz (2004) استخدما تقنيات تحليل مختلفة، وقد وُجدت كل من السكريات: الفركتوز والجولوكوز بالإضافة إلى السكروز. على أية حال، أصناف مختلفة من الفلفل تم تحليلها في كل حالة، لذلك فإن الحصول على نتيجة أكثر دقةً بحاجة إلى عمليات تحليل إضافية. بالإضافة إلى ذلك، التناقضات الكبيرة التي وجدت بين Rabinowitch وزملائه (1993) ونتائجنا (Roldan Serrano and Guerra-Sanz, 2004) فيما يخص كمية الرحيق لكل زهرة. ومرة أخرى، هذه الفوارق الواضحة قد يكون سببها استخدام أصناف مختلفة من الفلفل في كل دراسة.

زيارات النحل لأزهار الفلفل تعني أنه يبحث عن الرحيق من أجل التغذية، ويحاول الوصول إلى أسفل التويج حيث توجد قطرات الرحيق (Rabinowitch et al., 1993). نتيجة لشكل الزهرة، وعندما تُخرج النحلة لسانها لتصل إلى أسفل التويج، فإن أجزاء جسمها الأخرى تلمس المتوك وبالتالي تعمل على إطلاق حبيبات اللقاح من المتوك الناضجة. حبيبات اللقاح يمكن أن تُوضع على الميسم بكميات كبيرة مقارنة بالتلقيح الذاتي، والسبب في ذلك يعود إلى عملية الانحراف المكاني في الأجزاء

التناسلية في زهرة الفلفل عن بعضها البعض. وبالتالي تحتوي ثمار الأزهار التي يتم تلقيحها بواسطة النحل على عدد بذور أعلى من الثمار في حالة التلقيح الذاتي للزهرة، وهي أيضاً أكبر حجماً، وتزيد من جودتها التسويقية (Roldan Serrano and Guerra Sanz, 2006).

استخدمت العديد من الملقحات في عملية تلقيح الفلفل في التجارب التجارية والبحثية: (١) فقد تمت دراسة التلقيح بواسطة نحل العسل (de Ruijter, van den Eijnde, and van der Steen, 1991; Kubisova and Haslbachova, 1991; Dag and Kammer, 2001) (٢) النحل الطنّان *B. terrestris* و *B. Impatiens* (Cr.; Abak et al., 1997; Meisels and Chiasson, 1997; Shipp et al., 1994; Dag and Kammer, 2001) (٣) النحل الانفرادي (Radoszkowski et al., 1991) *Osmia cornifrons*، (٤) والذباب *Eristalis tenax* (Jarlan et al., 1997).

يتضح من جميع هذه الدراسات عن الفلفل، بأن نشاط أي ملقح يُحسن من نوعية و/أو كمية المحصول التي يتم الحصول عليها مقارنة مع عملية التلقيح الذاتي. وعلى سبيل المثال بين Abak وزملاؤه (1997) بأن معدل الإنتاج، ووزن المحصول، وقطر الثمرة، وعدد البذور زاد بمقدار ٤,٠٪، ١٠,٠٪، ٦,٠٪ و١٢,٥٪ على الترتيب في حالة تلقيح الفلفل باستخدام النحل الطنّان بالمقارنة مع المجموعة الضابطة في تجربة بيوت محمية. بطريقة مماثلة، في الزراعة المحمية التجارية فإن معدل الإنتاج المبكر والكلي للفلفل زاد بمقدار ٢٩,٦٪ و٢٢,٤٪ على الترتيب، عندما تم التلقيح بواسطة الحشرات، فإن وزن الثمرة، وقطرها، وحجمها وسماكتها تأثرت إيجاباً. قام Meisels and Chiasson (1997) بتقييم مستعمرة نحل طنان *B. impatiens* مؤلفة من ٣٠-٤٠ عاملة في تلقيح الفلفل الحلو (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* cv. *Superset*) داخل بيوت محمية زجاجية شفافة. وقد تم تسجيل نشاط النحل الطنّان *B. impatiens* في العش وعلى الزهور، معدل الطيران للنحل الطنان *B. impatiens* وعدد البذور المنتجة لكل

ثـمرة خلال فترتين: الأولى من ٣٠ حزيران "يونيو" إلـى ١٤ تموز "يوليو" والثانية من ٤-١٨ أغسطس " تموز"، ١٩٩٥م. من خلال النشاط المستمر داخل العش، كل من سروح العاملات وحجم المستعمرة قل من فترة إلى الفترة الأخرى، على الرغم من وجود فوارق واضحة بين الفترتين في عدد البذور المنتجة للثمرة. يتوقع المربون فعالية تلقيح عالية على الفلفل من خلال استخدام *B. impatiens* خلال فصل النمو حتى مع تواجد ٣ شغالات نـحل سارحة لكل ٤٢٥ نبات (بـمعنى آخر، ١٧٦ نـحلة من نوع *B. impatiens* سارحة لكل هكتار).

وفي الصيف، لا يحتاج عقد ثمار محصول الفلفل الحلو إلى الملقحات داخل البيوت المحمية. ولكن تجارياً من الصعب الحصول على كمية إنتاج جيدة في فصلي الربيع والخريف. والسؤال المطروح هل الملقحات من الحشرات يمكن أن تُحسن من عقد الثمار في هذه الفصول الباردة. في فصل الخريف ١٩٨٩م والربيع ١٩٩٠م، أجريت تجارب لمقارنة عقد ثمار الفلفل الحلو في البيوت الزجاجية المحمية والملقَحة من خلال نحل العسل مع تلك التي لا تحتوي على نحل. في كل من التجربتين، تبين أن الثمرة الأكبر والأثقل والتي تحتوي على بذور أكثر وثمار بدون تشوهات كبيرة كانت في البيوت المحمية المستخدم فيها نحل العسل كملقح. في الوقت الحاضر، أصبح استخدام نحل العسل لتلقيح الفلفل الحلو شائعاً في هولندا (de Ruijter et al., 1991).

البطيخ "العائلة القرعية"

(*Citrullus lanatus* ([(Thunb.) Matsum. and Nakai])
(Family Cucurbitaceae)

يتواجد في البطيخ أزهار ذكرية وأخرى أنثوية على نفس النبات. ذكر Sedgley and Buttrose (1978) أن الأزهار الذكرية تزيد مع ارتفاع درجة الحرارة ولكن جنس الزهرة لا يتاثر بالضوء. من ناحية أخرى بيّن Hawker وزملاؤه (1983) أن تفتح زهرة البطيخ يدوم لمدة يومين عند درجة حرارة ٢٥°م، بينما تذبل في اليوم الأول عند درجة

٣٠°م. ولكن تجويف الميسم يفرز كميات أكبر من الفركتوز والجولوكوز والسكروز وسكريات عديدة أخرى عند درجة حرارة ٣٠°م، وأيضاً تزيد هذه الكميات مع زيادة العمر، بحيث تصبح جاذبيتها أكبر للنحل. زيادة التلقيح كان نتيجةً لزيادة إفراز بعض المركبات من الميسم.

زادت الدراسات عن تلقيح البطيخ حديثاً ويرجع السبب في ذلك إلى زيادة الاهتمام بأصناف البطيخ اللابذرية (Seedless). التلقيح وعقد الثمار للبطيخ مضاعف الصبغيات التقليدي (ن=٢٢) قد درست بشكل جيد. ولكن، التلقيح وعقد الثمار أصبحت عملية معقدة بسبب إيجاد الصنف التجاري ثلاثي أضعاف الصبغيات (ن=٣٣) وهو صنف بطيخ "لا بذري". البطيخ ثلاثي أضعاف الصبغيات بحاجة إلى تلقيح "وإخصاب" من حبيبات لقاح حيوية، على الرغم من أن إنتاج حبيبات لقاح حيوية ثلاثية أضعاف الصبغيات غير ممكن حتى الآن. لذلك، يجب أن تنمو بعض النباتات ثنائية أضعاف الصبغيات مع الأصناف الثلاثية من أجل إيجاد كم كاف من حبيبات اللقاح الحيوية للوصول إلى إنتاج معقول. عملية الإخصاب الفعلية بين حبيبات اللقاح الثنائية والثلاثية لا يتم الوصول إليها بسبب عدم التوافق في عدد الكروموسومات لأزواج الكروموسومات المنفصلة. نتيجةً لذلك، يتم إجهاض الأجنة (تبقى الثمرة بدون بذور)، ولكن تتشكل الثمار، وتنمو وتنضج في حال وجود عدد كاف من حبيبات اللقاح الثنائية في الميسم. نتيجة لذلك، نحتاج إلى نشاط تلقيح مرتفع في حالة زراعة البطيخ ثلاثي الصبغيات. كذلك، من المهم التعرف على المنافسة التي تتم بين الأزهار الثنائية والثلاثية في نفس المكان، والسبب أن الأزهار الثلاثية حجمها أكبر من الثنائية، وتحتوي على رحيق وحبيبات لقاح أكثر من الثنائية، ولكنها بالمقابل غير حيوية لعملية التلقيح (وهذا ما لا يميزه النحل). أحد أهداف استراتيجيات تشجيع تلقيح البطيخ الثلاثي هي إضافة فرمون الحضنة داخل خلايا نحل العسل (Pankwit, 2004)، وهذه التقنية طُبقت فعلاً مع نجاحٍ باهر

(Guerra-Sanz and Roldan Serrano, 2007)، وأدت إلى حجم أفضل للمحصول وزيادة تركيز السكر في الثمار.

تمت دراسة جاذبية أزهار البطيخ للملقحات (Wolf et al., 1999) ليس فقط للأصناف التجارية الثنائية ولكن أيضاً للهجين بين الأصناف التجارية والصنف البري *Citrullus* spp. وقد وجدت فروقات بين الأصناف، بما في ذلك التباين في حجم الرحيق اليومي، ومكونات السكر وعدد زيارات نحل العسل لكل صنف. تكرار زيارة النحل تعتمد على مورثات نبات البطيخ، وكذلك العوامل الجوية، مثل درجة الحرارة. وتكون زيارات النحل في أوجها في ساعات الصباح وذلك لأن درجات الحرارة خلال النهار تُقلل من نشاط النحل. عامل آخر يؤثر في عدد زيارات النحل هو المنافسة بين الأصناف المختلفة المتواجدة في منطقة معينة. بيّن Wolf وزملاؤه (١٩٩٩) بأن هناك فروقات في جاذبية النحل راجعة للتباين الوراثي بين أنواع الجنس *Citrullus*، على الرغم من أن تحليل مساهمة الزهرة أظهر عدم وجود تباين في حجم الزهرة، وكمية حبوب اللقاح أو كمية الرحيق. ولكن الفروقات وجدت في تركيز السكروز والسكر الكلي في الرحيق. ووجدت علاقة إيجابية بين جاذبية النحل وتركيز السكر في الرحيق، والتي أدت إلى الاستنتاج بأن هذه الخاصية هي أحد العوامل التي تؤثر في جاذبية النحل.

القرع *Cucurbita pepo* L. (العائلة القرعية Cucurbitaceae)

زراعة القرع منتشرة في جميع أنحاء العالم. والسبب في ذلك أن إنتاجه يكون في فصلي الربيع والصيف فقط، والإنتاج في غير هذه الفصول يجب أن يتم في الزراعات المحمية، مثل البيوت الزجاجية.

القرع هونبات أحادي الجنس ويحتوي على أزهار ذكرية وأنثوية في نفس النبات. بيولوجية الزهرة تمت دراستها بشكل مكثف (Nepi and Paccini, 1993; Roldan

Serrano and Guerra-Sanz, 2005). استخدم النحل الطنّان ونحل العسل من أجل تلقيح القرع في الزراعات المحمية (Guerra-Sanz et al., 2005)، وكانت نتيجة التلقيح، الحصول على ثمار ذات نوعية عالية بالمقارنة مع الثمار المنتجة من خلال العقد العذري (Parthenocarpic) ومع الثمار المحفزة من خلال منظمات النمو (Roldan Serrano et al., 2002; Guerra-Sanz et al., 2004).

محاصيل البذور

المحاصيل المزروعة من أجل إنتاج البذور نادراً ما تُنتج في البيوت المحمية. في تلك النسبة القليلة التي تُنتج في ظروف الزراعة المحمية، تُفضل الشركات القيام بعملية التلقيح يدوياً. بالإضافة إلى ذلك، يحاول المنتجون تجنب دخول أي حشرات ملقحة إلى البيت الزجاجي أثناء فترة التلقيح لتجنب عمليات التلقيح غير المرغوب بها. في بعض الحالات تتم عمليات التلقيح من خلال الحشرات من أجل إنتاج بذور نقية ذات مواصفات وراثية محددة. في هذه الحالة يتم تلقيح النبات من خلال عدد قليل من الملقحات في بيوت محمية صغيرة أو مناطق مشيكة داخل بيوت زجاجية واسعة. وذهبت الدراسات إلى أن استخدام ذكور النحل الطنّان هو الأفضل في هذه الحالات وأن استخدام خلية نحل طنان كاملة غير ضروري (van Doorn, 2006).

التفاعل بين الملقحات والسيطرة على الآفات في الأنظمة المغلقة

استخدام النحل وبالأخص النحل الطنّان من أجل عملية التلقيح أدى إلى التقليل من استخدام المبيدات في حماية المحاصيل (Velthuis and van Doorn, 2006). بشكل عام، التأكيد المتزايد على استخدام نظام المكافحة المتكاملة للآفات أصبح شائعاً بين مستخدمي خلايا النحل الطنّان؛ وذلك لأن استخدام النحل الطنّان يتعارض مع استخدام المبيدات.

على أية حال، هناك بعض الأشياء التي لا تناسب النحل الطنّان في ظروف ممارسة إجراءات المكافحة المتكاملة، مثل التصاق النحل والنحل الطنّان على المصائد اللاصقة، والتي تستخدم عادةً من أجل مراقبة واصطياد الحشرات في البيوت المحمية.

ألوان المصائد اللاصقة المستخدمة هي الأصفر والأزرق (Gillespie and Vernon, 1990). نتيجةَ الانجذاب نحو اللون لبعض الحشرات، فالمصائد الصفراء تُستخدم من أجل صيد الذبابة البيضاء والمصائد الزرقاء من أجل اصطياد التربس. عدد كبير من عاملات النحل الطنّان وخاصة الصغيرة عديمة الخبرة تلتصق بالمصائد الزرقاء (ملاحظات شخصية). نفس الملاحظة تنطبق على المصائد الصفراء ونحل العسل (ملاحظات شخصية). دراسة طيف الانعكاس لهذه المصائد لم يجد أية موجة قد تكون هي السبب في جذب النحل. ولكن يمكننا القول بأن المصائد اللاصقة المصنوعة من المواد الصمغية تعكس أشعة الشمس ينتج عنها انعكاسات بلورية تجذب النحل نحوها.

الخاتمة

في مجموعة العمل الخاص بي، عملية طرح سؤال حول تقديم أصناف دخيلة في ظروف بيئية مختلفة يبقى أمراً شخصياً. في الواقع إنه سؤال أخلاقي وليس أمراً بيئياً أو بيولوجياً أو اقتصادياً. ولكن بالطبع فإن الجوانب البيئية والبيولوجية والجانب الاقتصادي يجب أن تُؤخذ بعين الاعتبار في إجابة هذا السؤال، على الرغم من أن الحل لا يتعلق بالجانب الأكاديمي ولكن بالجانب الأخلاقي. وإلا فإن هذه النقطة سوف تبقى بدون أي تجاوب إلى الأبد، والسبب أن الناس من كلا الجانبين (المحافظين، مقابل المزارعين وشركات التربية) سيبقى بينهم حوارات، فمنهم من يؤيد ومن يعارض. في الفصل التاسع من هذا الكتاب، سيجد القارىء تفاصيلَ أكثر عن هذا الموضوع من وجهة نظر بيئية وبيولوجية، والتي قد تُساعد في الوصول إلى قرار حول هذه القضية.

بالطبع الإجابة عن هذا التساؤل ليست سهلة لأي شخص ووجهات النظر يجب أن تُطرح من قبل أي فرد وصولاً لحل نهائي.

زيادة الوعي في التقنيات المستخدمة في تلقيح نباتات البيوت المحميّة والدراسات حولها زادت في السنوات الماضية، وبعضها قدم بيئات جديدة للدراسات في البيوت المحمية مثل البطيخ الثلاثي الصبغيات. توجُهاتنا نحو الزراعة في البيوت المحمية عالية وذلك بسبب عائدها الاقتصادي. وبشكل عام البيئة المستخدمة في البيوت المحمية تتوسع على صعيد العالم، مع استخدام الملقحات واستخدام طرق السيطرة المتكاملة على الآفات والتي تقدم سيناريوهات إيجابية حول هذه النقطة في الزراعة.

الشكر

الشكر للسيد Roldan Serrano والسيد A. Mena Granero لمساعدتهما في مشاريع التلقيح. والشكر للسيد Agrobio S. L. لدعمه عدة تجارب تعنى بالتلقيح. وبعض النتائج التي ظهرت هنا تم دعمها بواسطة المنح البحثية التالية: INIA RTA03-087, INIA RTA2005-00046-00-00 و PIA-03-032

المراجع العلمية

Abak, K., and Dasgan, H. Y. (2005). Efficiency of bumblebees as pollinators in unheated or anti-frost heated greenhouses. In J. M. Guerra Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), First short course on pollination of horticulture plants (19-29). Almera, Spain: CIFA La Mojonera.

Abak, K., Dasgan, H. Y., Ikiz, Uygun, N., Kaftanoglu, O., and Yeninar, H. (1997). Pollen production and quality in pepper grown in anti-frost heated greenhouses during winter and the effects of bumblebee (Bombus terrestris) pollination on fruit yield and quality. Acta Horticulturae, 437, 303-307.

Abak, K., Sari, N., Paksoy, M., Kaftanoglou, O. and Yeninar, H. (1995). Efficiency of bumble bees on the yield of eggplant and tomato grown in unheated greenhouses. Acta Horticulturae, 412, 268-274.

Asada, S., and Ono, M. (2000). Difference in colony development of two Japanese bumblebees, Bombus hypocrita and Bombus ignitus (Hymenoptera: Apidae). Applied Entomology and Zoology, 35, 597-603.

Baker, H. G., and Baker, I. (1983). A brief historical review of the chemistry of floral nectar. In C. E. Jones and R. J. Little (Eds.), The biology of nectaries. New York: Columbia University Press.

Brian, A. D. (1952). Division of labour and foraging in Bombus agrorum Fabricius. Journal of Animal Ecology, 21, 223-240.

Buchmann, S. L. (1983). Buzz pollination in angiosperms. In C. E. Jones and R. J. Little (Eds.), Handbook of experimental pollination biology (73-113). New York: Van Nostrand Rheinhold.

Cartar, R. V. (1992). Morphological senescence and longevity: An experiment relating wing wear and life span in foraging wild bumble bees. Journal of Animal Ecology, 61, 225-231.

Cnaani, J., Schmid-Hempel, R., and Schmidt, J. O. (2002). Colony development, larval development and worker reproduction in Bombus impatiens Cresson. Insectes Sociaux, 49, 164-170.

Corbet, S. A., Chapman, H., and Saville, N. (1988). Vibratory pollen collection and flower form: Bumble-bees on Actinidia, Symphytum, Borago and Polygonatum. Functional Ecology, 2, 147-155.

Corbet, S. A., Williams, I. H., and Osborne, J. L. (1991). Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. Bee World, 72, 47-59.

Costa, H. S., Robb, K. L., and Wilen, C. A. (2002). Field trials measuring the effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on insect populations. Journal of Economic Entomology, 95, 113-120.

Dag, A., and Eisikowitch, D. (1995). The influence of hive location on honeybee foraging activity and fruit set in melons grown in plastic greenhouses. Apidologie, 26, 511-519.

----(2000). The effect of carbon dioxide enrichment on nectar production in melon under greenhouse conditions. Journal of Apicultural Research, 39, 88-89.

----(2005). The effect of environmental conditions on bee pollination activity in greenhouses [Abstract, p. 65], Thirty-ninth Apimondia, International Apicultural Congress, Dublin, Ireland.

Dag, A., and Kammer, Y. (2001). Comparison between the effectiveness of honey bee (Apis mellifera) and bumble bee (Bombus terrestris) as pollinators of greenhouse sweet pepper (Capsicum annuum). American Bee Journal, 141(6), 447-448.

Dasgan, H. Y., zdogan, A. O., Kaftanoglu, O., and Abak, K. (2004). Effectiveness of bumblebee pollination in anti-frost heated tomato greenhouses in the Mediterranean Basin. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28, 73-82.

de Ruijter, A., van den Eijnde, J., and van der Steen, J. (1991). Pollination of sweet pepper (Capsicum annuum L.) in greenhouses by honeybees. Acta Horticulturae, 288, 270-274.

Dobson, H. E. M., and Bergstrm, G. (2000). The ecology and evolution of pollen odors. Plant Systematics and Evolution, 222, 63-87.

Dobson, H. E. M., Bergstrm, G., and Groth, I. (1990). Differences in fragrance chemistry between flower parts of Rosa rugosa Thumb (Rosaceae). Israel Journal of Botany, 39, 143-156.

Duchateau, M. J., and Velthuis, H. H. W. (1988). Development and reproductive strategies in Bombus terrestris colonies. Behaviour, 107, 186-207.

Dyer, A. G., and Chittka, L. (2004). Bumblebee search time without ultraviolet light. Journal of Experimental Biology, 207, 1683-1688.

Dyer, A. G., Whitney, H. M., Arnold, S. E. J. , Glover, B. J. and Chittka, L. (2006). Bees associate warmth with fl oral colour. Nature, 442, 525.

Ercan, N., and Onus, A. N. (2003). The effects of bumblebees (Bombus terrestris L.) on fruit quality and yield of pepper (Capsicum annuum L.) grown in an unheated greenhouse. Israel Journal of Plant Sciences, 51, 275-283.

Fahn, A. (1979). Secretory tissues in plants. London: Academic Press.

Free, J. B. (1963). The flower constancy of honeybees. Journal of Animal Ecology, 32, 119-131.

----(1970). The flower constancy of bumblebees. Journal of Animal Ecology, 39, 395-402.

Garfalo, C. A. (1978). Bionomics of Bombus (Fervidobombus) morio: 2. Body size and length of life of workers. Journal of Apicultural Research, 17, 130-136.

Gillespie, D. R., and Vernon, R. S. (1990). Trap catch of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) as affected by color and height of sticky traps in mature greenhouse cucumber crops. Journal of Economic Entomology, 83(3), 971-975.

Goulson, D., Stout, J. C., and Hawson, S. A. (1997). Can flower constancy in nectaring butterflies be explained by Darwin's interference hypothesis? Oecologia, 112, 225-231.

Grünfeld, E., Vincent, C., and Bagnara, D. (1989). High-performance liquid chromatography analysis of nectar and pollen of strawberry flowers. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 37, 290-294.

Guerra-Sanz, J. M., Roldn Serrano, A. (2007, April). Feromona larval de abejas (Apis mellifera L.) en la produccin de sanda (Citrullus lanatus [(Thunb.) Matsum. et Nakai]) triploide en invernadero [Honey bee' s (Apis mellifera L.) brood pheromone infl uence on triploid watermelon production (Citrullus lanatus [(Thunb.) Matsum. et Nakai]) in greenhouse] [Abstract, p. 13.

Resmenes Congreso Nacional Sociedad Espaola de Ciencias Hortcolas, XI Congreso Nacional de Ciencias Hortcolas, Albacete, Spain [Publication in Spanish: Actas de Horticultura 48: 214-217.

Guerra-Sanz, J. M., Roldn Serrano, A., and Mena Granero, A. (2004). Pollination of zucchini culture by bumblebees: Advance of results of quality production. In A. Lebeda and H. S. Paris (Eds.), Cucurbitaceae 2004: Progress in cucurbit genetics and breeding research. Proceedings of the 8th Eucarpia Conference, July 12-17, 2004, Olomouc, The Czech Republic (75-77). Olomouc, Czech Republic: Palack University.

Guerra-Sanz, J. M., Roldn Serrano, A., Mena Granero, A. and FernJndez Lpez, C. (2005). Polinizacin de hortalizas extra-tempranas en el marco de los invernaderos de Almera. In J. M. Guerra-Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), Primeras jornadas de polinizacin en plantas hortcolas (103-120). Almera, Spain: CIFA La Mojonera.

Hannan, A., Maeta, Y., and Hoshikawa, K. (1997). Colony development of two species of Japanese bumblebees Bombus (Bombus) ignitus and Bombus

(Bombus) hypocrita reared under artificial condition (Hymenoptera, Apidae). Japanese Journal of Entomology, 65, 343-354.

Harder, L. D. and Barclay, R. M. R. (1994). The functional significance of poricidal anthers and buzz pollination: Controlled pollen removal from Dodecatheon. Functional Ecology, 8, 509-517.

Hawker, J. S., Sedgley, R. M. R., and Loveys, B. R. (1983). Composition of stigmatic exudates, nectar and pistil of watermelon, Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum and Nakai, before and after pollination. Australian Journal of Plant Physiology, 10, 257-264.

Heinrich, B. (1979). Bumblebee economics. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Henning, J. A., Peng, Y. S., Montague, M. A., and Teuber, L. R. (1990). Honeybee (Hymenoptera: Apidae) behavioural response to primary alfalfa (Rosales fabaceae) fl oral volatiles. Journal of Economic Entomology, 85, 233-239.

Jarlan, A., de Oliveira, D., and Gingras, J. (1997). Pollination of sweet pepper (Capsicum annuum L.) in green-house by the syrphid fly Eristalis tenax (L.). Acta Horticulturae, 437, 335.

Jouet, J. P. (2001). Plastics in the world. Plasticulture, 2(120), 106-127.

Katayama, E. (1996). Survivorship curves and longevity for workers of Bombus ardens Smith and Bombus diversus Smith (Hymenoptera, Apidae). Japanese Journal of Entomology, 64, 111-121.

Kevan, P. G. (2003). The modern science of ambrosiology: In honour of Herbert and Irene Baker. Plant Systematics and Evolution, 238, 1-5.

Kirk, W. D. J. (2004). Plants for bees: Faba bean: Vicia faba. Bee World, 85, 60-62.

Kristjansson, K., and K. Rasmussen. (1991). Pollination of sweet pepper (Capsicum annuum L.) with the solitary bee Osmia cornifrons (Radoszkowski). Acta Horticulturae, 288, 173-179.

Kubisov, S., and Hslbachov, H. (1991). Pollination of male-sterile green pepper line (Capsicum annuum L.) by honeybees. Acta Horticulturae, 288, 364.

Küpper, G., and Schwammberger, K.-H. (1994). Volksentwicklung and Sammelverhalten bei Bombus pratorum (L.) (Hymenoptera, Apidae). Zoologische Jahrbucher Systematik, 121, 202-219.

Kwon, Y. J. and Saeed, S. (2003). Effect of temperature on the foraging activity of Bombus terrestris L. (Hymenoptera: Apidae) on greenhouse hot pepper (Capsicum annuum L.). Applied Entomology and Zoology, 38, 275-280.

Martin, J. A., Erwin, A. T., and Lounsberry, C. C. (1932). Nectaries of Capsicum. Journal of Science, 6, 277-285.

Masson, C., Pham-Delegue, M. H., Fonta, C., Gascuet, J., Arnold, G., Nicolas, G., et al. (1993). Recent advances in the concept of adaptation to natural odour signals in honeybee Apis mellifera L. Apidologie, 24, 169-194.

Matile, P. and Altenburger, R. (1988). Rhythms of fragrance emissions in flowers. Planta, 174, 242-247.

McGregor, S. E. (1976). Insect pollination of crop plants (USDA-ARS Agriculture Handbook No. 496). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.

Meisels, S., and Chiasson, H. (1997). Effectiveness of Bombus impatiens Cr. as pollinators of greenhouse sweet peppers (Capsicum annuum L.). Acta Horticulturae, 437, 425-429.

Mena Granero, A., Egea Gonzlez, F. J., Garrido Frenich, A., Guerra Sanz, J. M., and Martnez Vidal, J. L. (2004). Single step determination of fragrances in Cucurbita flowers by coupling headspace solid-phase microextraction low-pressure gas chromatography-tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography-A, 1045, 173-179.

Mena Granero, A., Egea Gonzlez, F. J., Guerra Sanz, J. M., and Martnez Vidal, J. L. (2005a). Analysis of biogenic volatile organic compounds in zucchini flowers: Identification of scents sources. Journal of Chemical Ecology, 31(10), 2309-2322.

Mena Granero, A., Guerra-Sanz, J. M., and Egea Gonzlez, F. J.(2005b). Qumica de la polinizacin [Pollination chemistry]. In J. M. Guerra-Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), Primeras jornadas de polinizacin en plantas hortcolas (31-48). Almera, Spain: CIFA La Mojonera. Morandin, L. A., Laverty, T. M., Kevan, P. G., Khosla, S., and Shipp, L. (2001). Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and loss in commercial tomato greenhouses. Canadian Entomologist, 133, 883-893.

Nagamitsu, T., Kenta, T., Inari, N., Kato, E., and Hiura, T. (2007). Abundance, body size, and morphology of bumblebees in an area where an exotic species, Bombus terrestris, has colonized in Japan. Ecological Research, 22, 331-341.

Nepi, M., and Paccini, E. (1993). Pollination, pollen viability and pistil receptivity in Cucurbita pepo. Annals of Botany, 72, 527-536.

Pankwit, T. (2004). Brood pheromone regulates foraging activity of honey bees (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economical Entomology, 97(3), 748-751.

Pardossi, A., Tognoni, F., and Incrocci, L. (2004). Mediterranean greenhouses technology. Chronica Horticulturae, 44(2), 28-34.

Peitsch, D., Fietz, A., Hertel, H., de Souza, J., Ventura, D. F., and Menzel, R. (1992). The spectral input systems of hymenopteran insects and their receptor-based colour vision. Journal of Comparative Physiology A, 170, 23-40.

Pham-Delegue, M. H., Etievant, P., Guichard, E., Marilleau, R., Duault, P., Chauffaille, J., et al. (1990). Chemicals involved in honey-bee-sunflower relationship. Journal of Chemical Ecology, 16, 3053-3065.

Pham-Delegue, M. H. P., Etievant, P., Guichard, E., and Masson, C. (1989). Sunflower volatiles involved in honeybee discrimination among genotypes and flowering stages. Journal of Chemical Ecology, 15, 329-343.

Pickersgill, B. (1997). Genetic resources and breeding of Capsicum spp. Euphytica, 96, 129-133.

Plowright, R. C. and Pendrel, B. A. (1977). Larval growth in bumble bees (Hymenoptera: Apidae). Canadian Entomologist, 109, 967-973.

Pomeroy, N. (1981). Reproductive dominance interactions and colony development in bumblebees (Bombus Latreille; Hymenoptera: Apidae). Unpublished doctoral dissertation, University of Toronto.

Rabinowitch, H. D., Fahn, A., Meir, T., and Lensky, Y. (1993). Flower and nectar attributes of pepper (Capsicum annuum L.) plants in relation to their attractiveness to honeybees (Apis mellifera L.). Annals of Applied Biology, 123, 221-232.

Rick, C. M. (1950). Pollination relations of Lycopersicon esculentum in native and foreign regions. Evolution, 4, 110-122.

Roldn Serrano, A., and Guerra-Sanz, J. M. (2004). Dynamics and sugar composition of sweet pepper (Capsicum annuum L.) nectar. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79(5), 717-722.

Roldn Serrano, A., and Guerra-Sanz, J. M. (2005). Reward attractions of zucchini flowers (Cucurbita pepo, L.) to bumblebees (Bombus terrestris L.). European Journal of Horticultural Science, 70(1), 23-28.

Roldn Serrano, A., Guerra-Sanz, J. M., and Ortuo Izquierdo, M. J. (2002). Flower attractiveness to bumble-bees (Bombus terrestris L.) in zucchini (Cucurbita pepo L.). In D. N. Maynard (Ed.), Cucurbitaceae, 2002 (343-348). Alexandria, VA: ASHS Press.

Roseler, P.-F., and van Honk, C. G. J. (1990). Castes and reproduction in bumblebees. In W. Engels (Ed.), Social insects: An evolutionary approach to castes and reproduction (147-166). Berlin, Germany: Springer.

Sedgley, M., and Buttrose, M. S. (1978). Some effects of light intensity, daylength and temperature on flowering and pollen tube growth in the watermelon (Citrullus lanatus). Annals of Botany, 42, 609-616.

Shipp, J. L., Whitfi eld, G. H., and Papadopoulos, A. P. (1994). Effectiveness of the bumble bee, Bombus impatiens Cr. (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator of greenhouse sweet pepper. Scientia Horticulturae, 57, 29-39.

Sladen, F. W. L. (1989). The humble-bee, its life-history and how to domesticate it. Woonton, Hereford, UK: Logaston Press.

Soler, A., van der Blom, J., Lpez, J. C., and Cabello, T. (2006). The effect of the absorbent UV plastic on the behaviour of Bombus terrestris in greenhouses; results of a bioassay. In J. M. Guerra-Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), Second short course on pollination of horticulture plants (258-261). Almera, Spain: CIFA La Mojonera.

Southwick, E. E. and Southwick, L., Jr. (1992). Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. Journal of Economic Entomology, 85, 621-633.

Sutcliffe, G. H., and Plowright, R. C. (1990). The effects of pollen availability on development time in the bumble bee Bombus terricola K. (Hymenoptera: Apidae). Canadian Journal of Zoology, 68, 1120-1123.

Thorp, R. W. (2003). Bumble bees (Hymenoptera: Apidae): Commercial use and environmental concerns. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (21-40). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Vaissière, B. E. and Vinson, S. B. (1994). Pollen morphology and its effect on pollen collection by honey bees, Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae), with special reference to upland cotton, Gossypium hirsutum L. (Malvaceae). Grana, 33, 128-138.

van Doorn, A. (2006). Factors influencing the performance of bumblebee colonies in the greenhouse. In J. M. Guerra-Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), Jornadas de Polinizacin en plantas hortcolas (2nd ed., 173-183). Almera, Spain: CIFA La Mojonera. van Doorn, A., and Heringa, J.

(1986). The ontogeny of a dominance hierarchy in colonies of the bumblebee Bombus terrestris (Hymenoptera, Apidae). Insectes Sociaux, 33, 3-25.
van der Blom, J. (1986). Reproductive dominance within colonies of Bombus terrestris (L.) Behaviour, 97, 37-49.
van Honk, C., and Hogeweg, P. (1981). The ontogeny of the social structure in a captive Bombus terrestris colony. Behavioral Ecology and Sociobiology, 9, 111-119.
Velthuis, H. H. W. and van Doorn, A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie, 37(4), 421-451.
Vogt, F. D. (1986). Thermoregulation in bumblebee colonies: 1. Thermoregulatory versus brood-maintenance behaviors during acute changes in ambient temperature. Physiological Zoology, 59, 55-59.
Westerkamp, C. and Gottsberger, G. (2000). Diversity pays in crop pollination. Crop Science, 40, 1209-1222.
Willmer, P. G. (1983). Thermal constraints on activity patterns in nectar-feeding insects. Ecological Entomology, 8, 455-469.
Wilson, E. O. (1971). The insect societies. Cambridge, MA: Belknap Press.
Wolf, S., Lensky, Y., and Paldi, N. (1999). Genetic variability in flower attractiveness to honeybees (Apis mellifera L.) within the genus Citrullus. Journal of the American Society for Horticultural Science, 34, 860-863.

الفصل الرابع

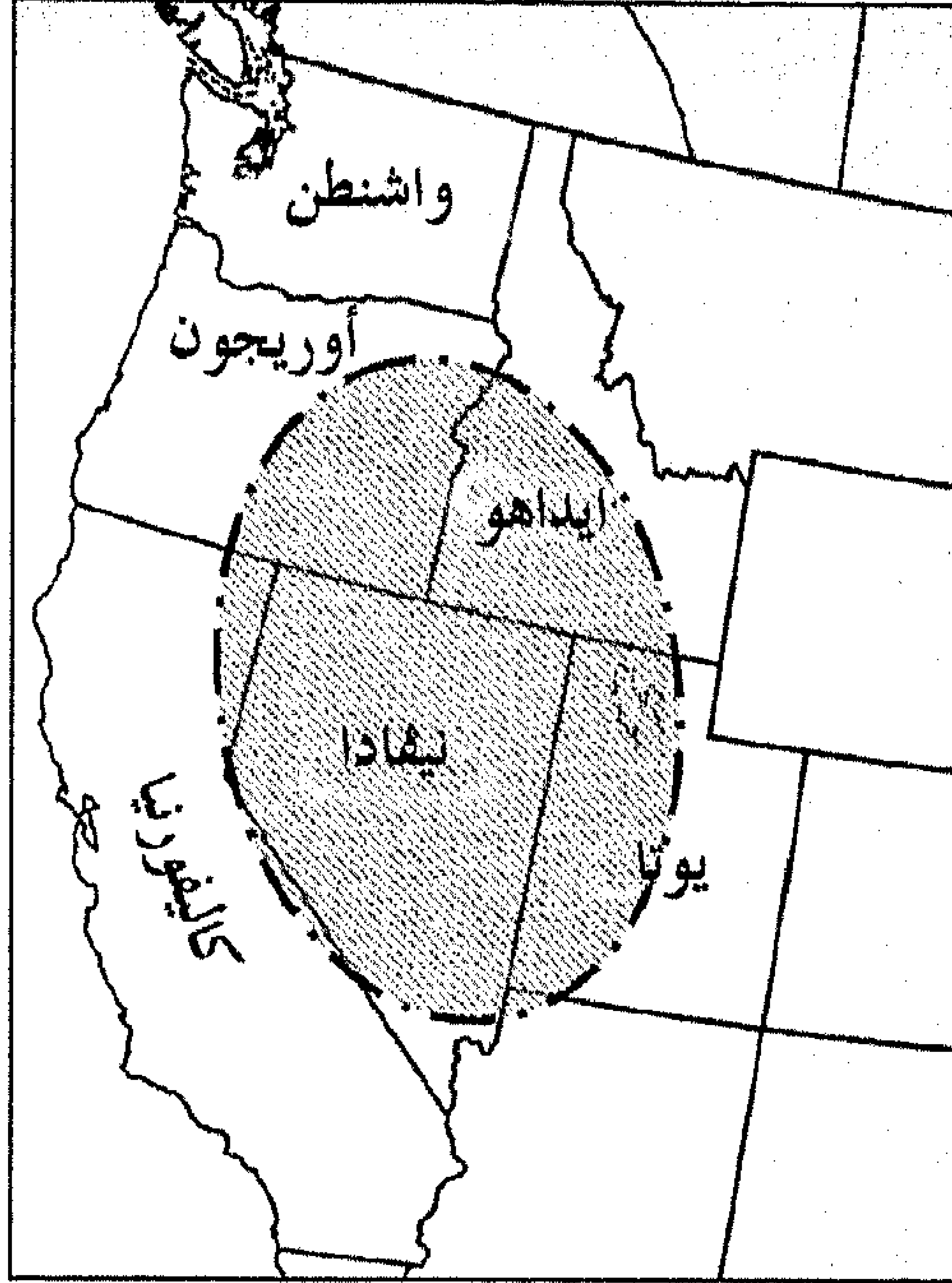
نحل التلقيح ضروري جداً لزراعة بذور الأزهار البرية لإعادة تأهيل المناطق الطبيعية بالولايات المتحدة

James H. Cane

مقدمة

تتعرض مجتمعات النباتات الطبيعية المحلية والنُظم البيئية في غرب الولايات المتحدة لغزو الأعشاب والحشائش ذات الأصل الأُوروأسيوي. مديرو الأراضي الفدرالية يراقبون ما مقداره ٤٠ مليون هكتار في منطقة الحوض العظيم (Great Basin) في غرب الولايات المتحدة. وديان هذه المناطق باردة، وصحراوية، ومنحدرة ومخضرة بالشجيرات العشبية، التي تتخللها جبال الغابات. تشمل منطقتا الحوض العظيم وسهل كولومبيا البيئي معاً (الشكل ٤,١) حوالي نصف مساحة مجتمعات نباتات الشيح العطرية المتبقية (الغبيرة والبعيثران والعادر) (*Artemesia* spp.) في أمريكا الشمالية والتي تعادل ٤٣ مليون هكتار (Wisdom et al., 2005). صحة واتساع هذه المجتمعات بدأ بالانحسار سريعاً، مع ما يترتب على ذلك من تهديد للعديد من النباتات والحيوانات التي تقطن هذه المواطن. الأكثر تأثراً هو طائر الميرامية (Sage grouse) الشبيه بالدجاج، ولكن ٢٠٦ من الأنواع الأخرى مهددة أيضاً (Wisdom et al., 2005). عشبة البروموس (الشويعرة)

(*Bromus tectorum*) وهو عشب موسمي قابل للاحتراق يتواجد بمناطق حوض البحر الأبيض المتوسط، غزا حوالي ١١ مليون هكتار من أراضي الحوض العظيم متجهاً شمالاً إلى سهول كولومبيا، بمساحة تعادل مساحة كوبا وهنجاريا أو فيرجينيا.



الشكل (٤,١). خارطة توضح المناطق الغربية من الولايات المتحدة التي تُظهر الحوض المائي ضمن حدود الحوض العظيم (Great Basin) الدائرة المظللة: غالباً ما يعتبرها علماء النبات منطقة تنوع نباتي فريدة.

تساعد عشبة البروموس (Cheatgrass) في تغذية وزيادة تكرار حدوث الحرائق البرية في المنطقة، وهذا يؤدي إلى القضاء على مجتمعات النباتات المحلية الأصيلة، وكذلك على النحل المحلي المتواجد في تلك المناطق والمُعْتَمد على هذه النباتات في

غذائه. في نيفادا لوحدها، ألف حريق بري أتت على ما يقارب من ٢٠٠ ألف هكتار من المراعي من عام ٢٠٠٠م وحتى عام ٢٠٠٢م، ونصف هذه الحرائق اجتاحت مجتمعات النباتات العطرية (Wisdom et al., 2005). بالإضافة إلى الجهود المبذولة لمقاومة الحرائق، عمل مديرو المراعي على التقليل من أثر اندلاع الحرائق من خلال إعادة استصلاح مجتمعات النباتات المحلية وذلك بزراعة بذور مجتمعات هذه النباتات بعد حدوث الحرائق البرية (Monsen and Shaw, 2001). إن استراتيجية إعادة زراعة البذور هذه تعمل على الحفاظ على النباتات المحلية في مراعي المناطق الغربية، وإذا نجح ذلك فإنه سوف يُقلل من تكاليف حدوث هذه الحرائق وسوف يعمل على زيادة قيمة الموطن الأصلي.

الجهود الحالية في إعادة بذر الحوض العظيم من أجل تأهيل المراعي كانت طموحة. ومع ذلك، وجود الأزهار البرية كانت نادرةً بين توليفة هذه البذور، من حيث الكمية والتنوع، وذلك يتطلب القيام بأبحاث جديدة معمقة في هذه المنطقة. مستوى البرنامج لا يوجد له مثيل سبقه. ففي الفترة بين عامي ١٩٩٩-٢٠٠٤م، احترقت مساحات واسعة من النباتات البرية في غرب الولايات المتحدة. استجابةً لذلك قامت الوكالات الفيدرالية بنشر أكثر من ٦٥٠٠ طن متري من البذور. منذ السبعينات، شكلت هذه البذور خليطاً، ثلثه من الأعشاب الدخيلة الغازية، وثلثه من الأعشاب المحلية وثلثه الأخير من الشجيرات المحلية (Monsen and Shaw, 2001). ولم تشكل بذور الأزهار المحلية سوى ٠,٥٪ من الخليط، كان معظمها من نبات الألفية المحلي *Achillea millefolium* L. وبشكل تلقائي بذور زهور برية أكبر، حوالي ١٥٠ طن من بذور الأزهار البرية تُزرع في كل عام من قبل مديري الأراضي الغربية لإعادة تأهيل مئات آلاف الهكتارات التي تحترق سنوياً في الحوض العظيم والمناطق المجاورة (Scott Lambert, "المنسق الوطني للبذور، مكتب إدارة الأراضي" 2007، اتصال شخصي). يأمل أن يكون طائر الميرمية أحد المستفيدين، وهي

أحد أنواع الطيور المحلية في دائرة الخطر. ويتم جمع بذور الشجيرات المحلية لمثل هذا الغرض من الطبيعة مباشرةً. على الرغم من تكلفة الحصاد المعقولة لبذور الشجيرات البرية، فإن عملية الحصاد لبذور الأزهار البرية غير عملية ولا يمكن الاعتماد عليها للحصول على مخزون من الأزهار البرية، كونها تؤدي للحصول على كميات قليلة باهظة التكلفة من البذور. على سبيل المثال، البذور البرية لنبات البيقيا الحلوة *Hedysarum boreale* تُكلّف حوالي ١١٠ دولارات أمريكية للكيلوغرام الواحد وبذور نبات الخبيزة الصحراوية *Sphaeralcea ambigua* تكلف حوالي ١٨٠ دولاراً للكيلوجرام الواحد. معوقات التمويل وعدم فعالية الحصاد سوف تؤدي إلى تحجيم الكميات التي يتم حصادها من بذور الأزهار البرية والتي يمكن أن تكون مقنعة لمثل هذه البرامج.

يزرع مجموعة من المزارعين المبدعين الحقول ببذور الأعشاب المحلية، ويزرعون كذلك العديد من أصناف الأزهار البرية بشكل تجريبي وذلك من أجل إنتاج البذور لعملية إعادة تأهيل المراعي. ومع بدء مشروع انتخاب النباتات المحلية وإكثارها في حوض الوادي العظيم لعام ٢٠٠١م، تم تطوير الممارسات الزراعية لأكثر من ١٦ صنفاً من المحاصيل المزهرة ذات الفلقتين والمتواجدة محلياً (الجدول ٤,١) في المنطقة المحاذية للجبال وخاصة الحوض العظيم، وشملت هذه الزراعة سهول كولومبيا إلى الشمال وسهول كالورادوفي الجنوب الشرقي.

وقد اُختيرت هذه الأنواع ليتم نشرها في المناطق بشكلٍ واسع بين مجتمعات النباتات المحلية الشائعة والمتأقلمة بشكلٍ كبير في المناطق ذات الانحدارات المنخفضة والمتوسطة، وهي مقاومة للحرائق، ومفيدة للحياة البرية، وهي مجموعة من الأنواع التي يمكن أن تُنْبِئ عملياً بزراعة واعدة (مثل الحصاد الآلي). ومن خلال الربط بين الفعالية والاعتمادية للزراعة الحديثة، فإن الأمل يسير نحو تعظيم إنتاج البذور مع تقليل التكاليف.

الجدول (٤,١). أصناف الأزهار البرية المزروعة في عملية إعادة تأهيل المراعي في الجبال الغربية من الولايات المتحدة الأمريكية.

العائلة	الصنف
Apiaceae العائلة الخيمية	*Lomatium dissectum* (Nutt.) Math. and Const. *L. triternatum* (Pursh) Coult. and Rose
Asteraceae العائلة النجمية	*Balsamorhiza sagittata* (Pursh) Nutt. *Crepis acuminata* Nutt.
Cleomaceae العائلة الكلومية	*Cleome lutea* Hook *C. serrulata* Pursh
Fabaceae العائلة البقولية	*Astragalus filipes* Torr. *Dalea ornatum* (Dougl.) Barneby *D. searlsiae* (Gray) Barneby *Hedysarum boreale* Nutt. *Lupinus argenteus* Pursh *L. sericeus* Pursh
Malvaceae العائلة الخُبازية	*Sphaeralcea grossularifolia* (H. and A.) Rydb. *S. munroana* (Dougl.) Spach.
Plantaginaceae العائلة الحملية	*Penstemon speciosus* Dougl.
Polygonaceae العائلة البطباطية	*Eriogonum umbellatum* Torr.

تطبيق نماذج التلقيح

من أجل إيجاد زراعة ناجحة لبذور الأزهار البرية ، يجب فهم وتلبية احتياجات المحاصيل الزهرية من التلقيح وتوفيرها بشكلٍ عملي. وهناك أربع طرق للتلقيح الزراعي في هذه الحالات، ثلاث منها تُعتَبر مناسبةً وهي: (١) استئجار خلايا نحل العسل (٢) إدارة أعشاش النحل غير الاجتماعي من خلال توفير أماكن مناسبة لذلك، و(٣) ممارسة عملية التلقيح من خلال الإشراف وتحفيز وتشجيع مجتمعات النحل المحلية غير المرباة والتي قامت ببناء أعشاشها. والبديل الرابع، هو عملية شراء

خلايا من النحل الطنّان المستَهْلَكة خلال فترة قصيرة، ولكن من الواضح أن هذه الطريقة غير عملية لأسباب سيتم شرحها لاحقاً. وقد تم دمج هذه الاستراتيجيات السابقة معاً لتلقيح نباتات الأزهار البرية المزروعة.

يمكن دراسة بيئة التلقيح التطبيقية في مجالين تقليديين، الزراعة والمحافظة على أنواع الأزهار البرية. إن الاندماج الغير عادي بين الطرق السابقة أدى إلى إيجاد تحديات وتوفير فرص إبداعية جديدة. ففي مجال الزراعة، الزراعة الأحادية الكثيفة للغذاء، والأعلاف ومحاصيل الألياف يتم زراعتها في مناطق بعيدة عن موطنها الجغرافي الأصلي. ومعظم المحاصيل التي يتم تلقيحها هي محاصيل عشبية حولية أو خشبية معمرة، مثل المحاصيل البستانية. فاحتياجات كل محصول من التلقيح وفوائده معروفة (Free, 1993; Klein et al., 2007). مُعظم هذه المحاصيل مرباة منذ عقود، إن لم يكن قرون، من خلال عملية انتخاب مُبَرمج أو من خلال السيطرة على عمليات التهجين. عملية تهجين النباتات طويلة الأمد قد تُحَور وتطَور بيولوجية الإنتاج، وتقلل من الحواجز الميكانيكية أو الفسيولوجية في الوصول إلى التلقيح الذاتي وتعمل على زيادة عملية التلقيح الذاتية التلقائية. بعض الأصول البرية لبعض أنواع المحاصيل الحالية منقرضة (مثال البصل، *Allium cepa*) و"بالتالي" انقرضت معها أيضاً قدرتنا على معرفة ملقحاتها الطبيعية.

زراعة "الحوض العظيم" بالأزهار البرية من أجل إنتاج ونشر البذور يختلف إلى حدٍ كبير عن عملية زراعة المحاصيل التقليدية، مع وجود تبعاتٍ كبيرة لعملية التلقيح وادارتها. ويوجد نوعان فقط من النباتات الزهرية الموسمية والباقي كلها معمرة، ولكنها عشبية. وتزرع في مناطقها الأصلية أو قريبةً منها جغرافياً. ونحن في بعض الأحيان، نجهل احتياجاتها من التلقيح وفائدتها على مستوى الجنس ككل أو على مستوى القبيلة (Cane, 2005, 2006b) أو حتى عوائلها (مثال Cleomaceae). أعلنت جمعية وكالات منح شهادات البذور (AOSCA -Association of Seed Certification

(Agencies معاييرَ جديدة وبروتوكولات لعملية جمع البذور المحلية وتصنيفها واعتمادها تسمى "المجموعة معروفة المصدر". حيث أعطت أوامرها بزراعة بذور هذه النباتات الزهرية المحلية بشكل متوالٍ حتى خمسة أجيال (أو أقل) من النبات المحلي قبل تحديد المصدر الجغرافي الأصلي للبذور البرية. وتم تقليل عملية الاختيار العشوائية غير المبرمجة وقد تم أيضاً الحفاظ على التنوع الوراثي وذلك من أجل توفير نباتات برية قادرة على التكيف في المناطق البرية عند إعادة نشرها في بيئتها البرية الأصلية. هذه الأهداف والاستراتيجيات والمشاكل ليس لها سابقة في الزراعة، على الرغم من أن الأدوات والممارسات الزراعية بمعظمها تم الحصول عليها وتطويرها من الزراعة التقليدية.

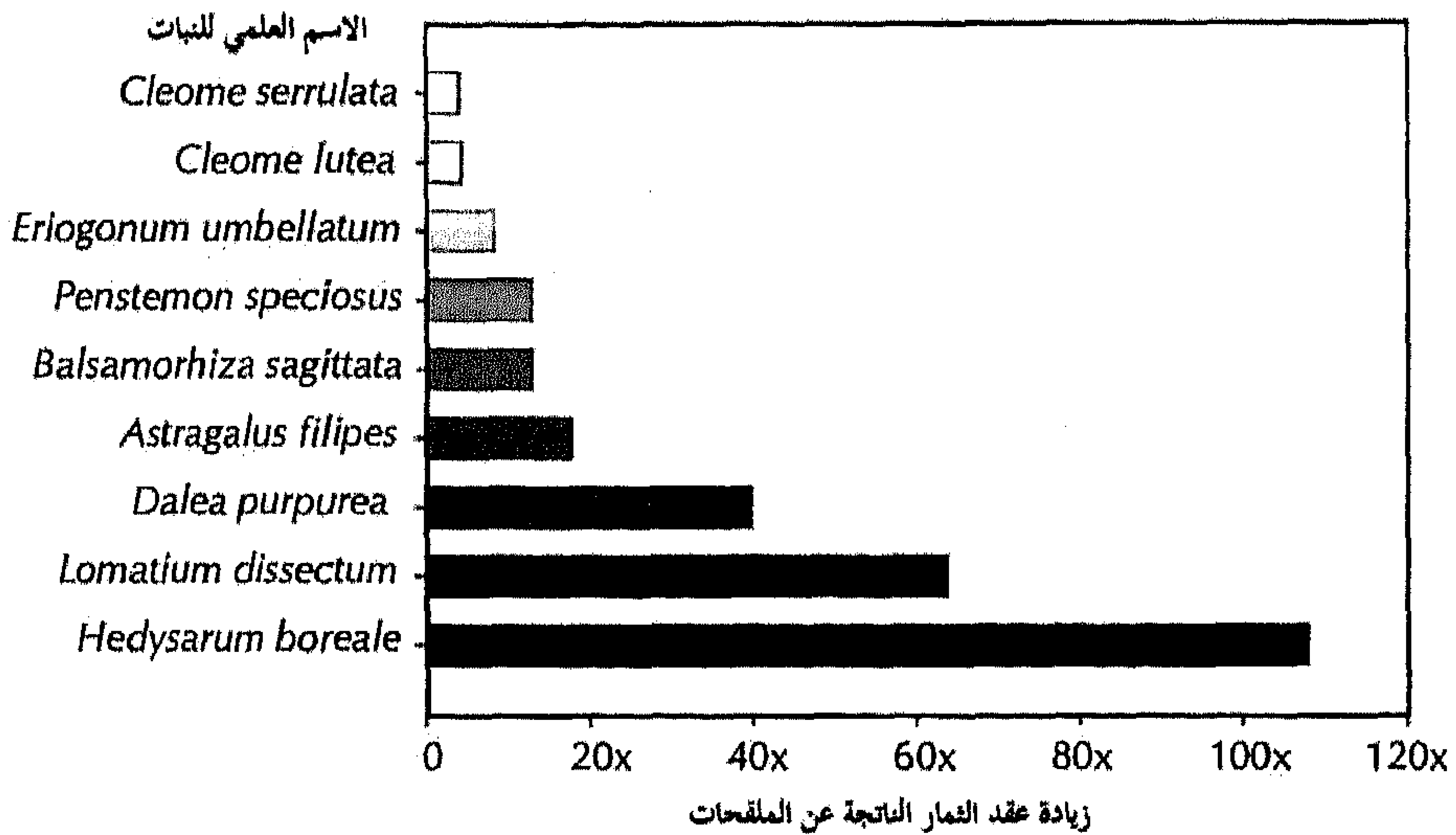
المجال الثاني يتعلق بتطبيق نظام بيئي لبيولوجيا التكاثر والتلقيح للأزهار البرية في سياق الحفاظ على الأنواع. ولكن معظم الدعم المالي يُركز عادةً على أنواع معينة من النباتات المهددة أو الخاضعة للتهديد في أماكن تواجدها. وفشل عملية التزاوج الجنسي أصبحت فرضية توضيحية يمكن الدفاع عنها فيما يخص مجموعة من الأزهار البرية المهددة، ولكن الدلائل الجديدة المتراكمة توضح تأثير عوامل أخرى، أولها فقدان المواطن الطبيعية، الشيء الذي يُهدد معظم أنواع الأزهار القارية التي تُلقح من قبل الحشرات (Tepedino, 2000). حيث تتمتع هذه الأزهار البرية النادرة، بطريقة مغايرة للمحاصيل النباتية، بخدمات تلقيح طبيعية كافية جزئيا لأن كثافة أزهارها أقل من تلك المتواجدة في المحاصيل وحيدة الفلقة، ولذلك تُعتبر كثافة الملقحات البرية كافية. تفتقر العديد من أجناس النباتات المهمة بيئيا لذلك التهديد (أو لم يتم دراستها). نتيجة لذلك، الدراسات والتمويل للأزهار البرية المعرضة للخطر تجعلنا نتجاهل وبشكل طبيعي بيولوجية التكاثر والملقحات للعديد من الأزهار البرية المحلية التي تسُود مجتمعات النباتات المستهدفة لعملية إعادة التأهيل البيئي (Cane, 2006a) بما في ذلك مناطق الحوض العظيم. لذلك لا يوجد نتائج من ناحية زراعية أو من خلال عمليات حماية الطبيعة لأبحاث تُعنى بممارسة التلقيح والتي قد تُشير وبشكلٍ مُقنع إلى

الاحتياجات التلقيحية في الأزهار المحلية المزروعة والتي تُحصد بذورها لاحقاً من أجل إعادة تأهيل مجتمعاتها الأصلية.

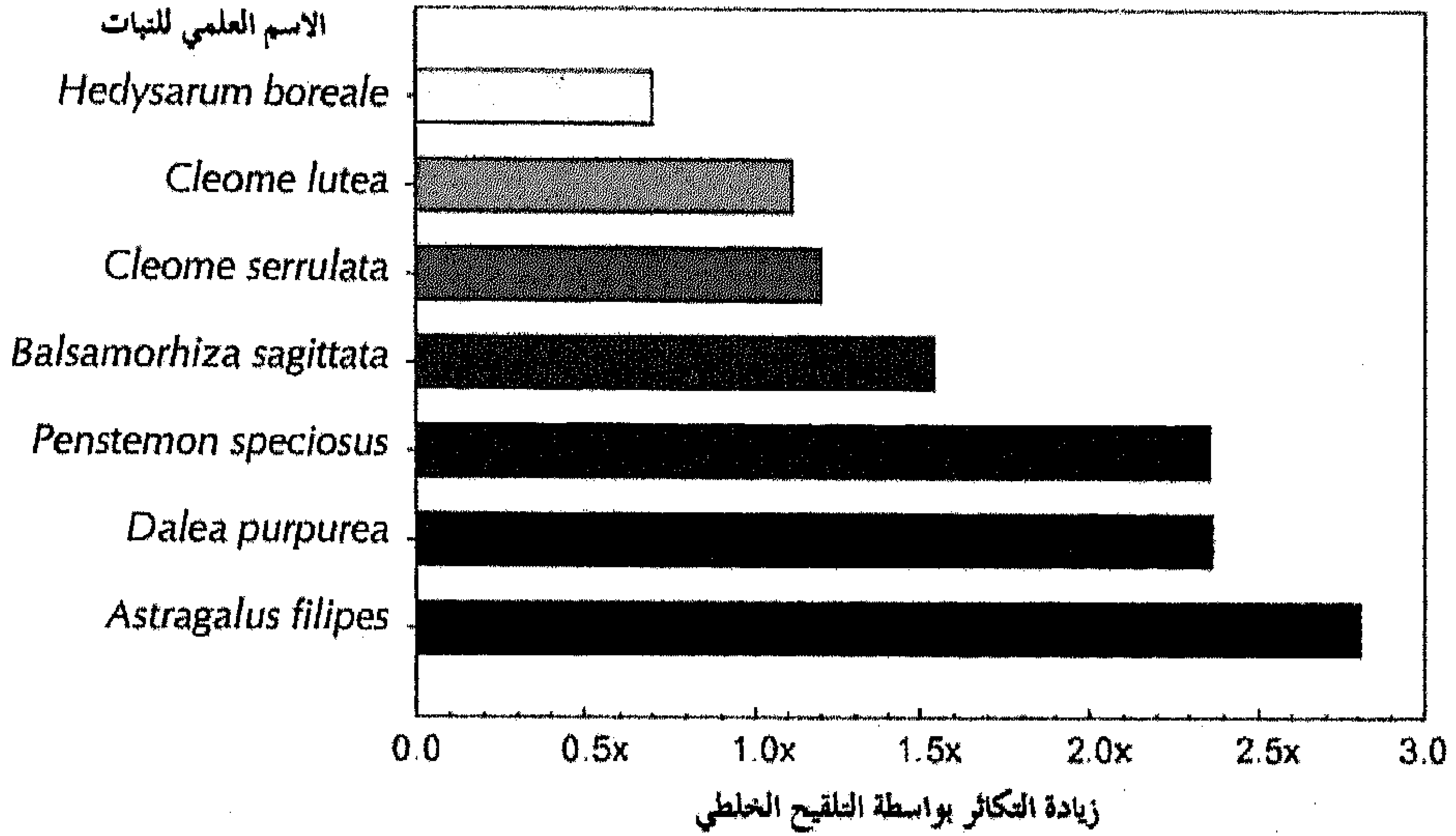
احتياجات التلقيح

لا يوجد أي من تلك الأزهار البرية للحوض العظيم التي يمكن تلقيحها بواسطة الرياح قيد الدراسة في هذا المشروع، ولا يوجد أيٌ منها يتكاثر خضرياً. نوعٌ واحدٌ فقط "*Crepis acuminate*" يمكن أن تعقِد فيه كمية جيدة من البذور بدون عملية التلقيح، فمعظم نباتات مجتَمَعِه تتكون من أفرادٍ متعددة الصبغيات (Polyploidy) والتي يمكن أن تتكاثر لاجنسياً من خلال ظاهرة التكاثر العذري (Apomixes)، (Babcock and Stebbins, 1938). حتى أن معظم الأصناف التي تُخصب ذاتياً، فإنها قليلاً ما تُنتج بذوراً من خلال التلقيح الذاتي (نقل حبوب اللقاح بدون مساعدة، الشكل ٤,٢). لكن نوعي الجنس *Cleome* تُعتبر استثناءً، حيث إن التصادم الميكانيكي للأزهار التي تنمو بكثافة تعمل على مضاعفةِ عقد المحصول الموجود في الأقفاص (٣٧٪ مقابل ١٩٪) (Cane, 2008). على أية حال الأصناف التسعة التي تمت دراستها في مختبري أنتجت بذوراً أكثر بكثير بوجود الملقحات (انظر الشكل ٤,٢). البيقيا الحلوة الشمالية (*Hedysarum boreale*) لم تُنتج أي محصول أو بذور على الإطلاق في حال عدم وجود الملقحات بين أزهارها (Swoboda, 2007). وتباينت الأنواع الأخرى أيضاً في درجة الإخصاب الذاتية التي تمتع بها النباتات، وتعتبر هذه الخاصية ميزةً نافعة من أجل تكوين المستعمرات. عملية الخلط أدت إلى زيادة بسيطة في الناتج من المحصول والبذور (الشكل ٤,٣). هذه الزيادة في الإنتاج كانت نسبية. على سبيل المثال الخلط اليدوي مع نباتات الفقعاء *Astragalus filipes* أدت إلى مضاعفة إنتاج البذور وبالتالي إمكانية خفض تكاليف إنتاج البذور بمقدار النصف من نفس الحقل. في عدد قليل من الحالات، مثل البيقيا الحلوة *H. boreale*، الأزهار التي كانت تلقح من خلال النحل

أنتجت بذوراً أكثر من عملية الخلط اليدوية، والتي تُبين إمكانية أخرى لزيادة إنتاج البذور (Swoboda, 2007). بشكلٍ عام، إذا أردنا إنتاج أطنان من بذور الزهور البرية بطريقةٍ أرخص وأكثر فائدةً، فإنه يجب مضاعفة المحصول وعقد البذور من خلال الاستخدام الحكيم للملقحات الفعالة والمعَول عليها.



الشكل (٤,٢). يبين الشكل أزهاراً برية أنتجت من المناطق الغربية للولايات المتحدة من أجل إعادة تأهيل المراعي واحتياجاها من الملقحات. باستخدام محصول البذور لكل زهرة، تم تقدير الزيادة والتحسن في التكاثر بحساب معدل ناتج البذور للأزهار المتفتحة من أجل التلقيح مقسومةً على ناتج محصول البذور من النباتات التي تم تغطية أزهارها بأكياس من الشاس لمنع وصول الملقحات لها وتركها للتلقيح الذاتي أو التلقيح من خلال الهواء. المعاملات تلازمت على نفس النبات أو حددت عشوائيا بين نباتات مختلفة. أعداد الملقحات لم تتم زيادهًا، لاحظ بأن المحور السيني يمثل أعداداً وليس نسباً.



الشكل (٤,٣). الخصوبة الذاتية لأزهار برية تمت زراعتها بعملية ترميم المراعي في غرب الولايات المتحدة الأمريكية. تم وضع شباك أو أقفاص على الأزهار لمنع الحشرات من زيارة الأزهار وتم تلقيحها يدوياً بحبوب لقاح من نفس النبات أو من نبات آخر. وضع في كل مجموعة ٥ –٨ نباتات لكل نوع لكل مكرر في المعاملة.

وتتكون هذه الملقحات لكل نوع من أنواع الأزهار البرية بشكلٍ حصري من الحشرات. فيما يخص ١٢ نوعاً من الأزهار البرية، قمت بأخذ عينات من المُلقحات بطريقة منهجية من ١ –٦ مجموعات ملقحة في ثلاث ولايات بالإضافة إلى أي أنواع نحل أخرى متوفرة في محطة التجارب الخاصة بنا في لوجان بولاية يوتا، فوجدت أن النحل المحلي، وفي بعض الأحيان نحل العسل، كانت أكثر الأنواع سيادة بين حوالي ٢٩ نوعاً من النحل في المجموعة الكاملة من العينات والتي تصل إلى ٢٠٠ فرد. مجموعة الملقحات الصغيرة من الزائرات لأزهار نبات *Penstemon speciosus* كانت تمثل حالة فريدة. كان هناك نوعان من النحل البناء *Osmia* bees متخصصان بتلقيح هذه الزهرة بالتشارك مع

العديد من الزائرين "وعادةً الملقحين الآخرين" كدبور حبوب اللقاح (Masaridae) *Pseudomasaris vespoides* الذي يزور أزهار هذا الجنس بشكلٍ متكررٍ (Tepedino, 1979). أيضاً نوعان من نباتات جنس *Cleome* التي يعمل رحيقها الوفير والهائل من حيث الكمية وبشكل استثنائي على جذب مجموعة واسعة من الحشرات، بالأخص الفراش، النحل، الدبابير. والمجموعات البرية للملقحات هذين النوعين، والتي ما زالت تحتاج للتصنيف. على الرغم من أن أزهار نباتات الجنس *Cleome* تُزار وتلقح بسهولة بفترات النهار، إلا أن مياسم الأزهار تكون أكثر استقبالاً في الليل (Cane, 2008). في الأحواض الصحراوية (وليس في الحدائق الشائعة) يمكن أن تُزار أزهار هذين النوعين من النباتات أيضاً من قبل العث. تلقح الأزهار البرية الأخرى جميعها أثناءَ النهار. وبشكلٍ عام، أصبح من الواضح أن كل نوع من أنواع الأزهار البرية هذه بحاجة للملقحات. ويشكل النحل المجموعة الأكثر تنوعا وسيادة بين هذه الملقحات. ومن هنا يمكن اعتبار أن النحل ضروري لعقد وإنتاج البذور لهذه الأزهار البرية.

اختيار المُلقحات

نحل العسل

يشكل نحل العسل الأوروبي (*Apis mellifera*) الآلية الأكثر نشاطاً في مجال التلقيح الزراعي. وتؤجر خلايا نحل العسل في العديد من الدول المتقدمة من قبل المربين الذين يَنقُلون الخلايا في مجموعات لتلقيح المحاصيل الزهرية بشكلٍ دوري. يُعد نحل العسل لذلك الخيار التلقائي الواضح من أجل تلقيح حقول الأزهار البرية أيضاً. حتى لو وصلت التكلفة إلى ١٠٠ دولار لكل خلية، فإن الخلية القوية التي تتألف من ١٠ آلاف عاملة من النحل السارح تُعتبر رخيصةً، لأن كل نحلة سارحة ستكلف المزارع سنتاً واحداً. وكقيمة مضافة، فإنه بعد توقيع المزارع ومربي النحل على عقد الاستئجار

ووصول الخلايا، فإن المزارع لا يحتاج إلى أية مدخلات أو ترتيبات تلقيح أخرى بعد ذلك. ولكن نحل العسل قد يُسجل تراجعاً، يرجع بعضه لخصوصية إنتاج الأزهار البرية والبعض الآخر إلى ممارسات الإنتاج، ومنها:

١- بعض منتجي الحبوب المحلية في الوقت الحاضر يقطنون بعيداً عن المناطق التي يُربى بها نحل العسل المتنقل من أجل تلقيح المحاصيل. مما يستدعي طلب واستلام عدد قليل من الخلايا لمزارع الأزهار البرية الصغيرة والبعيدة، الشئ الذي لا يكون بأحسن الأحوال مرضياً أو مشجعاً.

٢- الأمراض التي تَنْتُج عن حلم الفاروا أدت إلى التقليل من أعداد نحل العسل البري وقللت من أعداد النحالين الُهواة مع مضاعفة أسعار الخلايا التجارية. حيث إن الخلايا المملوكة محلياً أو البرية قد تكون غير متوفرة.

٣- في بعض الفصول أو المناطق، حاجة التلقيح تتعدى أعداد الخلايا المتاحة، بالأخص في فصل الربيع عندما تبدأ محاصيل وأزهار أشجار الفاكهة وأشجار اللوز بالتفتح في المناطق الغربية من الولايات المتحدة.

٤- حجم حقول الأزهار البرية تبقى صغيرة ببعض المعايير الزراعية. حتى لو كانت أصناف الأزهار البرية جاذبة لنحل العسل بشكلٍ مقبول، فإن تفضيلها الواسع من الأزهار وقدرتها على الطيران، لا يمنعان البحث عن بدائل في الحقول المجاورة أو الأراضي الطبيعية المحيطة.

٥- أخيراً، قد يكون نحل العسل غير فعال كملقح لبعض أصناف الأزهار البرية. لهذا السبب نحل العسل سوف يكون ملقحاً غير عملي لمحاصيل البذور من هذه الأصناف البرية المحلية.

بالنسبة لبعض المحاصيل التقليدية القليلة، فإن النحل غير التقليدي يعتبر مُلقحاً فعالاً ويمكن أن يُدار بفعالية بأعدادٍ كبيرة. في بعض الأحيان هذه البدائل من الملقحات تُعتَبر مفيدة ضمن ممارساتٍ زراعيةٍ واعتباراتٍ اقتصاديةٍ معينة، مثل استخدام النحل

البنّاء (*Osmia cornifrons:* Megachilidae) لتلقيح التفاح فقط في اليابان، أو استخدام أنواع عديدة من جنس النحل الطنّان *Bombus* والتي تُشحن مستعمراتها لمسافات طويلة لتلقيح البندورة في شمال أمريكا، وأوروبا، وفي بلدان البحر المتوسط، ولكن فقط في الزراعة المحمية (انظر الفصلين الثالث والتاسع، من هذا الكتاب). مهما كان الملقح، والظروف الاقتصادية والاعتبارات الإدارية للنحل وصنف المحصول، فإن اختيارنا يهدف دائماً إلى توفير كم كبير من الملقحات التي يمكن الاعتماد عليها في تلقيح المحاصيل في الزراعات الأحادية.

النحل الطنّان

أظهرت المسوحات التي نُفذت على النحل أن النحل الطنّان موجود عادةً في كل مكان وزمان وأحياناً يمكن أن يكون ضمن الملقحات الشائعة للأزهار البرية. فهي تقوم بالزيارة والتلقيح بفعالية لنوعين من أربعة أنواع من البقوليات *Astragalus filipes* والبيقيا الحلوة *Hedysarum boreale*. في حدائقنا العامة وفي قطاعاتِ التجارب المزروعة، أثبتت النتائج أن النحل الطنّان البري يُعتبر ملقحاً ممتازًا لأزهار نبات *Penstemon speciosus*، على الرغم من أنها لم تُشاهد على هذا النبات في البرية. إن الإدارة والإشراف على مستعمرات النحل الطنّان البري داخل وحول المزارع المحلية (انظر الفصل الثاني، من هذا الكتاب) يمكن أن تُسهم في زيادة محاصيل البذور لهذه النباتات. على أية حال، مستعمرات النحل الطنّان التجارية مكلفة من أجل التلقيح في الحقول المفتوحة، مع تكلفة النحلة السارحة الواحدة لحوالي ١٠٠ ضعف مثيلتها من نحل العسل المستأجر. تعيش مستعمرات النحل الطنّان المشتراة لفترات قصيرة وفيها يتم التحول من إنتاج العاملات إلى الذكور والملكات بعد أشهرٍ قليلةٍ. وبالتالي فهي مُستَهلكة. وحتى الآن يُعتبر استخدام النحل الطنّان مجدياً في تلقيح محاصيل ذات قيمة اقتصادية عالية مثل محاصيل البيوت المحمية (انظر الفصل الثالث من هذا الكتاب).

إن إنتاج المحاصيل مبكراً خلال الموسم أو خارج مواسم إنتاجها داخل البيوت المحمية يوفر للمزارع مزايا تسويقية تُبرر استخدام مستعمرات النحل الطنّان المستهلكة والمكلفة نوعاً ما. ولكن، لا يوجد أية حوافز تجعلُك أولَ منتجٍ لبذور الأزهار البرية خلال العام وبالتالي لا يوجد مُبرر أو حاجة لاستغلال ظروف الزراعة المحمية أو حتى استخدام أو شراء خلايا النحل الطنّان في التلقيح. في حقول النباتات الزهرية المحلية المفتوحة خلال موسم النمو، فإن الملقحات الأقل تكلفة من النحل الطنّان التجاري يجب أن تكون قادرة للقيام بعملية تلقيح هذه النباتات ضمن مواسم الإنتاج.

النحل غير الاجتماعي المربى حالياً

يمكن أن تكون بعض أنواع النحل غير الاجتماعي والمُرَبى ذا فائدةٍ في تلقيح محاصيل الأزهار البرية. في شمال أمريكا، بروتوكالات إدارة المزرعة موجودة لثلاثة أنواع من النحل غير الاجتماعي. نحل قاطع أوراق البرسيم (*Megachile rotundata*) ونحل اللوزيات الأزرق (*Osmia lignaria*) والتي تُكَوِّن أعشاشها فوق سطح الأرض في الفجوات، بينما يبني نحل النوميا (*Nomia melanderi*) أعشاشه تحت الأرض. وكما هي الحال في أنواع النحل الأخرى، احتياجات التعشيش، الطيران الموسمي، تفضيل عوائلها من الأزهار وكفاءة التلقيح معاً تفسر إمكانية استخدامها كمُلقحاتٍ لأزهار الأنواع المحلية البرية بهدف إنتاج البذور. ويبقى السؤال: هل يمكننا إدارة هذا النحل بأعداد كافية من أجل إنتاج بذور الأزهار البرية في الحقول المفتوحة؟

طرق التربية "الإدارة" والأسواق متوفرة وناضجة بالنسبة للنحل القاطع لأوراق البرسيم (انظر الفصل السابع، من هذا الكتاب)، هذا النحل أحدث ثورةً في إنتاج بذور البرسيم خلال الأربعين سنة الماضية (Stephen, 2003). ويتطلب إنتاجه وجود صيفٍ حار من أجل التطور والطيران، مما يعيق استخدامه في الربيع من أجل تلقيح الأزهار البرية. وهي (هذه النحلة) تُستخدم بشكلٍ رئيسي في تلقيح أزهار البقوليات

الصغيرة مثل البرسيم، ومروج القرنفل (*Dalea*) ذات الأزهار الصغيرة، وتزهر هذه المروج في الصيف وتعتبر من البقوليات العشبية الدائمة، اثنان منها مفضلة في برنامج إعادة تأهيل وزراعة البذور في الحوض العظيم (انظر الجدول ٤,١). نوع ثالث من مروج نباتات المراعي *Dalea purpure* كان متوفراً للتشتيل بحقل التجارب المفتوح، وبالتالي فقد استخدمته بديلاً لأنواع الحوض العظيم التي تم بذرها بذاراً. كما هو متوقع، فإن النحل قاطع أوراق نبات البرسيم يتغذى على أزهار النباتات الخارجية والغير موضوعة بداخل أقفاص، ويختار تزويد العش من حبوب لقاح نبات الداليا *D. purpurea* وبشكلٍ كامل. إن التصاق حبوب اللقاح مع الميسم لا مفر منه؛ لأن النحل يلامس ويحتك بحبوب اللقاح الكثيفة على العنقود الزهري. أنا حصلت على مجموعات وفيرة من البذور لكل نبات (<٢٠ ألف بذرة، وحتى ٨٠٪ مجموعة بذرية، (Cane, 2006a).

وقد شوهد نحل العسل، النحل الطنّان وبعض أنواع النحل البري الغير اجتماعية تزور أزهار نبات القرنفل *Dalea* بالإضافة إلى النحل قاطع أوراق نبات البرسيم، لذلك فإن مساهمة النحل قاطع أوراق نبات البرسيم في عملية التلقيح تنتظر التقيّم. في أقفاص التجارب على الأقل، فإن النحل القطاع لأوراق نبات البرسيم مفيد في التلقيح العرضي للأزهار الصغيرة (مثل محصول الجزر، Tepedino, 1997)، أو تأسيس البذور الهجينة أو في تأمين كميات صغيرة من البذور كمستودع صغير. مما يُظهر جوانبَ أكثر تعددًا من زيارتها لبعض الأزهار المفضلة. هذا النحل "القاطع لأوراق البرسيم" يطير في أقفاص التجارب ضمن الحقول لإنتاج كميات صغيرة من البذور من النباتات الزهرية البرية. وقد يؤدي هذا للحصول على عدة كيلوات من البذور النظيفة والتي يمكن أن تُزرع لاحقاً من قبل المزارعين (يمكن أن تكون الأنواع التابعة لجنس *Lomatium* والتي تنتمي لعائلة الجزر واحدة منها). إن متطلبات عملية التلقيح في الحقل للعديد من الأزهار الصيفية الصغيرة مثل *Dalea spp.* يمكن أيضاً تلبيتها بواسطة النحل

القاطع لأوراق نبات البرسيم ويمكن إدارة النحل بهذه الحالة بنفس الكيفية التي يُدار بها بحقول البرسيم (انظر الفصل السابع).

النحل ذو الأعشاش الأرضية في الزراعة

الملقحات الرئيسية لمعظم أصناف الأزهار البرية المستهدفة والتي قمت بإجراء مسح عليها كانت تتضمن أنواعاً عديدة من النحل ذات الأعشاش الأرضية، وفي بعض الأحيان بإقصاء واستبعاد أية أنواع أخرى مثلما هي الحال في حقول نباتات (*Lomatium dissectum*). كذلك أنواع أخرى من أنواع النحل ذات الأعشاش الأرضية تُلقِح بفعالية أنواعاً متعددة من المحاصيل أيضاً (Cane, 1997)، ولكن نحل النوميا فقط *Nomia melanderi* تتم تربيته بشكل واسع (Johansen et al., 1978). وكما هي الحال في نحل قاطع أوراق النبات فإن نحل النوميا يطير مباشرةً بعد منتصف فصل الصيف لتلقيح بذور البرسيم (Cane, 2002، انظر كذلك الفصل السابع من هذا الكتاب). وهي قد تكون مفيدة في تلقيح أنواع أخرى تابعة لأجناسٍ مختلفة مثل *Dalea* و *Cleome*، مثلاً *C. lutea*، والتي يُشكك في اعتبارها عوائل طبيعية ورئيسة لنحل النوميا (Richard Rust, 2006 اتصال شخصي).

وبطريقة مغايرة لنحل قاطع أوراق نبات البرسيم، فإن نحل النوميا يُظهر تحديات مستعصية في بناء العش، وهي تحديات مألوفة لأنواع نحل أخرى أرضية التعشيش. فمثلاً يُفضل نحل النوميا التربة السلتية المروية ذات السطوح الملحية. يمكن أن يحتوي التجمع الواحد على كميات كثيفة (أكثر من ٥ مليون أنثى) ويمكن أن تبقى في نفس منطقة التعشيش لمدة ٥٠ عاماً أو أكثر (Cane, 2008). ولكن، في حال غياب تربة سلتية مروية، فإن بناء هذه الأعشاش يكون بالمقارنة صعباً ومكلفاً. ويتم إسكان الأعشاش بواسطة نقل وإدخال مئات بل حتى آلاف العذارى الساكنة في الشتاء والمتواجدة في كتل من التربة الثقيلة تصل أوزانها إلى ٣٠ كجم. تقطع وتفصل هذه

الكتل عن مجتمعاتها الأصلية بواسطة أدوات هيدروليكية. محاصيل البذور المحلية يمكن أن تُنتج بشكلٍ مربح في مناطق قريبة من تجمعات نحل النوميا المربى وهي إستراتيجية خاصة لتقريب المحصول من النحل وليس العكس. على أية حال، ما لم يلتزم مربو الأزهار البرية التزاماً طويلَ الأمد بالحفاظ على أعشاش نحل النوميا، فإن الإدارة الفاعلة في هذه العملية وفي الأنواع الأخرى "التي تتطلب وجود أعشاش أرضية" تعتبر غير عملية أو مستحيلة لعملية التلقيح الزراعي بما في ذلك إنتاج الأزهار البرية.

تعتبر الأعشاش الأرضية البرية الغير مدارة في بعض الحالات القليلة فعالة وكافية في الفترة الكاملة لزراعة محصول ما. في جنوب شرق أمريكا، يُعد نحل عنب الدّب الجنوب شرقي (*Habropoda laboriosa*; Apidae) والنحل الطنّان كلاهما مسؤولا عن تلقيح بساتين ثمار التوت البري الضارة (*Vaccinium ashei*) في جميع الحالات باستثناء المزارع الكبيرة جداً (Cane and Payne, 1993). في بعض الحدائق بشمال أمريكا وبعض حقول الكوسا واليقطين التجارية (*Cucurbita spp*) نحل الكوسا (esp. *Peponapis pruinosa*; Apidae) تلبي حاجات التلقيح (Hurd et al., 1971; Tepedino, 1981; Roulston et al., 1996 and Shuler et al., 2005). وفي مسح تعاوني للملقحات في الكوسا واليقطين بيّن أن نحل الكوسا *Peponapis* bee هو السائد في عملية التلقيح في نصف الكرة الغربي (Cane et al، بيانات غير منشورة). تستطيع مجتمعات أعشاش نحل الكوسا *P. pruinosa* أن تتزايد بطريقة كافية لتلقيح الكوسا واليقطين في الحقول التي تصل مساحتها على الأقل لحوالي ٧٥ هكتاراً (R. Hammon, 2006 اتصال شخصي). كل من *H. laboriosa* و *P. prionosa* ذات أعشاش أرضية وهي ملقحات متخصصة تقوم بتلقيح عوائلها بشكلٍ فعال (Tepedino, 1981; Sampson and Cane, 2000). ومن المهم أن هذين المحصولين تتم زراعتهما بشكل طبيعي في موقع معين لسنوات عديدة من الوقت متكيفةً مع التطور البطيء لمجتمعات الملقحات.

أنواع النحل الذي لم تتم تجربة تربيته حتى الآن

هناك حوالي أربعة آلاف نوع من النحل غير الاجتماعي في شمال أمريكا ومن الممكن تربية بعض هذه الأنواع وإدارتها. من أكثر الأنواع الواعدة: ١٣٩ نوعاً تابعاً لجنس النحل البنّاء *Osmia* في شمال أمريكا ويتوفر لدينا المعرفة الأساسية عن عادات وطرق تعشيش ما يقارب من نصف هذه الأنواع (Cane et al., 2007). ُوجد بأن البعض منها سهل الانقياد للأعشاش والركائز الصناعية من أجل تلقيح العديد من المحاصيل المُعمرة (مثل التفاح، وتوت العليق، واللوز، مثال على ذلك أيضاً ;Bosh 1995 Torchio, 2003; Cane, 2005, 2006b). خلافاً لأنواع النحل التابعة للأجناس *Megachile* أو *Hoplitis*، والتي تقضي فترة البيات الشتوي بطَور ما قبل العذارء، فإن جميع الأنواع التابعة للجنس *Osmia* تقضي فترة السبات الشتوي بطور الحشرة البالغة. كما أن النحل التابع للجنس *Osmia* يعتبر أكثر اختلافاً من الناحية الشكلية، بعضها يظهر في أول أيام الحر في فصل الربيع (مثال *O. lignaria*، انظر الفصل السادس من هذا الكتاب). والأنواع الأخرى مثل النوع (*O. sanrafaelae*) (Parker, 1985) والنوع (*O. bruneri*)(Frohlich, 1983) تتطلب أياماً من الحضانة في الحر مما يُؤخر ظهورها حتى منتصف الصيف. ولكي يتزامن الإزهار بالمزرعة مع أوقات ظهور النحل، يمكن أن يتم التحكم بظهور النحل مبكراً أو متأخراً لعدة أسابيع. أو يمكن الاعتماد على مصادر للنحل من مناطق أكثر برودةً أو دفئاً ليتزامن ظُهورها مع فترة إزهار المحصول. عند زراعة نبات زهري بري لإنتاج البذور مع تبكير أو تأخير بفترة الإزهار فإن عملية الربط بين النحل وإزهار النبات البري ممكنة وبشكل كبير. يتواجد عادةً نوع أو أكثر من أنواع النحل البنّاء التابعة للجنس *Osmia* بين مجموعة الملقحات التي تم جمعها من على الأزهار البرية والتي تم استهدافها سابقاً بالمشروع، وقد تسُود هذه الأنواع على الأنواع الأخرى (مثال ذلك تسود على كل من ٢١ مجتمعا من *Astragalus filipes* التي تم

جمعها من أربع ولايات). بعض أنواع النحل التابع للجنس *Osmia* والتي تبني أعشاشها في الفجوات تتواجد في أكثر من مجموعة زهرية. على سبيل المثال، قد قمت بجمع عينات من النحل البنّاء *O. bruneri* على ثلاثة محاصيل من بين أربعة محاصيل من البقوليات هي البيقيا الحلوة (*Hedysarum boreale*) والترمس الحريري (*Lupinus sericeus*) والفقعاء (*Astragalus filipes*). هذا التنوع في العوائل الزهرية، يُمَكِّنُنا من إدارة وتربية نوع واحد لجنس *Osmia* واستخدامه على العديد من المحاصيل الزهرية.

تجربة النحل الغير مُربي

يُلقِح النحل البري غير المُربى الأزهار البرية في الطبيعة، فلماذا لا نعتمد على هذه الإستراتيجية كذلك في حقول الأزهار البرية المزروعة لإنتاج البذور؟. في حقول الأزهار البرية للعديد من المزارعين المحليين، وجدت أعشاش نحل محلي أرضية تُعشش وتزور الأزهار ولو بأعدادٍ قليلة. في الحدائق المنزلية نسبة الأزهار قد تنتج كثافات زهرية مقنعة مقارنة بفرص العشيش. ولكن، في الحقول التجارية كبيرة الحجم، تُصبح أعداد الملقحات البرية قليلةً مقارنةً بكمية الأزهار المتوفرة (انظر Scott-Dupree and Winston, 1987)، وعندئذٍ يتطلب ذلك توفير ملقحات مرباة لتعويض النقص. للحصول على عوائدَ جيدة فإن المزارع العائلية أو التعاونية في العالم المتطور يجب أن تعتمد على إما المكننة الزراعية والتدرج الاقتصادي أو على عمليات التسويق المتخصصة. توفر الزراعات الأحادية المزهرة بحراً من الأزهار للنحل مع كميات كبيرةٍ من حبوب اللقاح والرحيق. إن فرص التعشيش الطبيعية غير الكافية قد تَحُد من نمو مجتمعات الملقحات غير الاجتماعية، والتي تؤدي بالتالي إلى خدمات تلقيح بواسطة النحل الغير قابل للإدارة في الحقول الكبيرة.

تكون فرص التعشيش للنحل البري محصورة عادة في المنطقة المحيطة بالمزرعة ويفسر هذا عادةً ندرتها أو انتشارها في مزارع البساتين التجارية والحقول الكبيرة.

وعندما يكون التعشيش محصوراً على حدود الحقل فإن العلاقة البسيطة بين محيط الحقل ومساحته تُبين بأن كثافات التعشيش يجب أن تَتَضاعف عند زيادة مساحة الحقل أربع مرات للحفاظ على معدل زيارات مركزة وثابتة في الحقل. الصعوبة واضحة في حالة أنواع النحل البري غير الاجتماعي والتي تُعشش في جحور الخنافس والخشب أو الأغصان الميتة أو السيقان. فرص هذا التعشيش نادرة أو غير موجودة خلال الحقول أو البساتين الكبيرة في مناطق زراعية عديدة. ليس النحل الطنّان أيضا بأحسن حالاً، لأن معظم الأنواع إما أن تُعشش في فجوات الأشجار فوق الأرض أو تحت الأرض في أماكن تعشيش القوارض أو غيرها من الثدييات الصغيرة.

حتى لأنواع النحل غير الاجتماعي الذي يبني أعشاشاً تحت أرضية، فإن الحقول والبساتين نادراً ما توفر بيئات تعشيش كافية لمواجهة أو تغطية احتياجات المحاصيل التقليدية من التلقيح. تفرض هذه القيود نفس المعوقات لمنتجي بذور الأزهار البرية الذين يتوقعون الاعتماد على النحل البري في تلقيح محاصيلهم. معظم الأنواع التي تُعشش في الأرض تبحث عن أكوام من التربة المشمسة وأحيانا تتواجد على شكل سدٍ عمودي مُرتفع عن سطح الأرض. والممارسات الزراعية والمحاصيل نفسها عادة ما تُعيق وجود هذه الفرص، بسبب الغطاء النباتي المظلل للتربة غير النافذ لأشعة الشمس (مثل بذور البرسيم ونبات العليق)، والأغطية البلاستيكية غير المنفذة للأشعة (مثال، زراعة الفراولة تجارياً)، أو المروج الكثيفة (مثال، بساتين الفاكهة والتوت الأزرق). وحتى في حالة المحاصيل مثل نباتات دوار الشمس بوجود تربة مشمسة جيدة (Wuellner, 1999)، إلا أن عمليات مكافحة الأعشاب بين الصفوف المزروعة تدفن وتغلق مداخل التعشيش على النحل. وقد تنجو أنواع النحل التي تُعشش عميقاً بالتربة فإنها قد تنجو من الدمار خلال عمليات الحراثة إذا كان موسم التعشيش قد اكتمل بعكس الأنواع التي تُعشش قريبا من سطح التربة والتي يتم القضاء على أعشاشها أثناء الحراثة، مثل أنواع النحل قاطع الأوراق التابعة للجنس (*Megachile*) (Eickwort rt al.,

1981) والنحل البنّاء (*Osmia*) (Cane et al., 2007) والتي تعشش قريبا من سطح التربة، هي أكثر الأنواع التي جمعتها بين ملقحات بعض البقوليات *Astragalus, Crepis, Hedysarum, Lupinus, and Penstemon* (جدول ٤,١ وشكل٤,٢). وهذه المجموعة من الملقحات أرضية التعشيش تتضمن أنواعاً لملقحات فعالة في تلقيح المحاصيل التقليدية (Hobbs, 1956; Cane et al., 1996). وفيما إذا كانت هذه الأنواع من النحل أو غيرها قادرةً على تلبية حاجات التلقيح لمزراعي البذور المحليين ما زالت تحتاج لمتابعة.

المزارعون بحاجة للصبر مع واقع مخرجات التكاثر للنحل الانفرادي غير المُربى والذي يتضاعف ببطءٍ شديد. تبدأ أُنثى أنواع النحل الانفرادي حياتها بحوالي ٣٠ بيضة، نصف هذه البيوض أوأكثر سوف ينتج ذكوراً. الإناث لمعظم الأنواع سوف تعتني بخلية تعشيش واحدة أو اثنتين خلال الظروف الجوية الجيدة. أمراض اليرقات والمتطفلات والمفترسات في الأعشاش يمكن أن تقلل أيضاً من مخرجات التكاثر للأنثى الأم. وبالتالي فإن احتياجات المحاصيل في العام الأول من الإزهار تفوق بكثير أعداد النحل البري الذي لن يلبي حاجة تلقيح الإزهار الكثيف والمفاجئ للمحصول. وسوف تبقى أعداد الملقحات البرية قليلة وغير كافية في السنوات القليلة الأولى بينما مجتمعاتها تزيد بشكلٍ تدريجي. زيادة التخزين من الأنواع المُرباة مثل نحل العسل قد يُقلل من تطور ونمو مجتمعات النحل البري بسبب التنافس العالي على الأزهار. ويمكن أن يتوفر النحل البري بشكلٍ أفضل في السنوات القادمة إذا استفاد من محصول زهري آخر مجاور مفيد للنحل. وتشابه الظروف في معظم مزارع الأزهار البرية المنتجة للبذور تلك التي تُحفز من تلقيح المحاصيل التقليدية بواسطة النحل البري: فالحقول ملاصقة للأراضي الطبيعية، حقول ذات حجوم صغيرة، استخدام قليل للمبيدات الزراعية وتوفر مصدراً زهرياً بديلاً وقريباً من مجتمعات النحل (للملقحات غير المتخصصة) أو نباتات معمرة تزهر عاماً بعد عام (للملقحات المتخصصة). وحتى ضمن هذه الظروف فإننا نحتاج في البداية إلى عددٍ كبير من النحل المربى للقيام بعملية تلقيح المحصول لُتشكل جسراً بين

السنوات الأُولى للمحصول الزهري البري والسنة التي تصل فيها أعداد النحل البري لمستوى يُغطي احتياجات التلقيح. إذا وعندما يُحقق الإشراف والصبر النتائج المرجوة بالوصول للأعداد الكافية من الملقحات أرضية الأعشاش لخدمة الأزهار، فإنها تكون أسهل وأرخص وأبسط طريقة لتلقيح محصول الأزهار البرية.

التدفق البحثي

يجب أن يَستمر البحث في هذا المجال على جبهاتٍ مختلفة وعلى قدمٍ وساق لتلبية احتياجات المزارعين (Bosch and Kemp, 2002). وسأذكر هنا تسلسل الخطوات المنطقية التالية:

١- نحتاج إلى الحفاظ على مناطق مزروعة بالأزهار البرية معروفِة المصدر بالحدائق المعامة وضمن منطقة التجارب لاستخدامها فيما بعد ضمن التجارب على الملقحات. استخدام مجتمعات الأزهار البرية في مواقع تواجدها أمرٌ غيرُ عملي ومُضْنٍ وخاصةً إذا كانت المواقع مفصولةً عن بعضها البعض بمئات الكيلومترات. معاملات التلقيح اليدوي وكذلك جمع البذور لاحقاً قد يحتاج إلى رعايةٍ يوميةٍ، مع التدخل لحمايتها من الإصابات الحشرية والأمراض ومفترسات البذور وكذلك المتطفلين من الناس العاديين (Cane, 2005). ولأن معظم هذه الأزهار البرية غير متوفرة بالمشاتل فإن مساعدي البحث يقومون بجمعها من الطبيعة وتشتيلها وتربيتها داخل البيوت البلاستيكية. وعند زراعتها بالحقل نقوم بانتظار الإزهار الأول، بعد حوالي سنة إلى ثلاث سنوات لهذه النباتات المعمرة.

٢- ونحتاج أيضاً لتوصيف الأفرع الصغيرة للملقحات ضمن كل مجتمع من مجتمعات النحل. أقوم شخصياً وباستخدام شبكة الجمع بجمع عينات من مجموعات الملقحات لكل الأزهار البرية في مداها الجغرافي. مواقع مجتمعات العوائل الزهرية ومواعيد الإزهار التقريبية يتم الحصول عليها من عينات موجودة في معشبة المنطقة.

٣- نحتاج للحصول على المجتمع الأولي (البادئ) للملقح الذي يمكن أن نقوم بتربيته، ثم عمل ثقوب أو خلايا تعشيش بأحجامٍ وثقوب متعددة القياسات وأعشاش من عصي مثقبة ثم تصنيعها وتوزيعها. ويتم نشر معظم الأنواع التي تعشش في الفجوات بالطبيعة ويُفضل وجودها بالقرب من النبات الزهري البري المستهدف، ولكننا أيضاً حظينا ببعض النجاح عند وضعها بالقرب من حقول الأزهار البرية المزروعة. وبضرب من الحظ، بعض الأنواع التي تُعشش بالفجوات والتي تم الحصول عليها تماثلت مع مجموعة الملقحات التي تم جمعها من زائرات العوائل الزهرية بنفس المكان. كل عش يتم تعريفه بالتضحية بفرد واحد فقط من أفراد العش ويفضل أن يكون ذكراً. وتبقى الأفراد الأخرى في الحقل للسروح والتكاثر والاستمرار بالتعشيش بالأعوام القادمة.

٤- تقييم قدرة هذه الملقحات اعتماداً على معاملة التلقيح اليدوي التي قمنا بها سابقاً.

٥- تقدير الكثافة النحلية المطلوبة من أجل إنتاج محصول جيد من البذور وكذلك استمرار نمو وتكاثر النحل الملقح عند اقتصار زيارته لأنواع عائل واحد فقط من النباتات.

وفي دراسة لحالتين أظهرتا نجاحاً وتقدماً بعد التغلب على بعض الخصوصيات المتعلقة بالنحل، والإزهار والطقس. في إحدى هذه الحالات نبات البلسم *Balsamorhiza sagittata* وهونباتٌ معمر يحتاج لأكثر من ٥ سنوات من بداية البذار حتى يبدأ بالإزهار. ونتيجة للتجارب التي قمتُ بها على بيلوجية التكاثر في هذا النبات من خلال مجتمعات النبات البرية القريبة (Cane, 2005) فقد وجدتُ بأن هذا النبات يحتاج إلى ملقح حشري (الشكل ٤,٢) ويستفيد جيداً من التلقيح الخلطي (شكل ٤,٣). نوعان من النحل البنّاء الذي يعشش بالفجوات والشقوق والمنتشر بشكل كبير *Osmia californica* و *Osmia montana* تم جمعهما بشكل كبير من على أزهار عوائله. وقد تمت الإشارة سابقاً إلى عائلين من عوائلها وهي نباتات جنس البلسم *Blasamorihza* وجنس Wyethia (Torchio, 1989). وعند جمع حبوب اللقاح، فقد شوهدت الملقحات تقوم باهتزازاتٍ قوية على

أسطح فصوص الميسم التي تقوم بحمل حبوب اللقاح من خلال شعيرات جمع حبوب اللقاح البطنية الأمامية، وبالتالي لا مفر من التلقيح. المجتمعات زادت بسهولة باستخدام أُسلوب التعشيش العملي الذي قُمت بذكره سابقاً (Cane, 2006b). ويمكن القول بأن مخزوناً من عدة مئات من إناث النحل في الهكتار الواحد يمكن أن يفي بمتطلبات التعشيش (Cane, 2005). هذان النوعان التابعان للجنس *Osmia* وفرا إجابات لكل أهداف هذا المشروع ويمكن تربيتها واستخدامها مباشرةً لتلقيح أي نوعٍ من الأنواع التابعة لجنس نباتات البلسم *Balsamorhiza* بهدف إنتاج البذور.

وقد قمتُ بمتابعة نُهْج مختلف وطريقة مختلفة لإدارة المُلقح في دراسة جنس *Dalea* (Cane, 2006 a). ومن أجل تسريع جدولي البحثي حصلتُ على أشتالٍ لنوع نباتات *D. purpurea* من الحوض العظيم لمزرعة التجارب في لوجان. وكانت كنوع بديل بينما كنا بانتظار مجموعة من البذار وكذلك انتظار نضوج نوعين آخرين من أنواع نباتات الحوض العظيم، لم تتم زراعة أي منهما سابقاً ولم يتم العثور عليها بمسافة ٢٥٠كم من محطة الأبحاث في لوجان. معاملات التلقيح في مزرعة التجارب أظهرت حاجة ماسة للملقحات (شكل ٤,٢) وفائدة عظيمة من التلقيح الخلطي (الشكل ٤,٣). والمجموعة الغنية من الملقحات في الوسط الغربي تُظهر وجود عدة اختيارات للملقحات وذلك كما ساد الاعتقاد من خلال التجارب عندما تمت زيارة أزهار هذا النبات من قبل نحل العسل والنحل الطنّان والنحل القاطع لأوراق نبات البرسيم وأنواع أخرى من النحل البري. وتم تكّون البذور الخصبة في نحو ٦٠-٨٠٪ من الأزهار المتوفرة. وفي مجتمع صغير من أعشاش نحل البرسيم قاطع الأوراق فإن النحل استطاع الرعاية بالحضنة من خلال الاعتماد على حبوب اللقاح البرتقالية اللامعة من أزهار نباتات *D. purpurea*. ولأن العنقود الزهري في نباتات نوعين من أنواع الجنس *Dalea* من نباتات الحوض العظيم تشبه بشكل كبير نباتات *D.purpurea* فإنه من المأمول بأن نحل العسل أو النحل الطنّان أو حتى نحل البرسيم قاطع الأوراق سيقوم بتلقيح نباتات

Dalea المزروعة بالحوض العظيم بسهولة. إن الأعداد البسيطة من النحل البري التي وجدت بدايةً تزور نباتات *Dalea* المزروعة، يمكن أن تتكاثر وتزيد أعدادها بالسنوات القادمة نتيجة للممارسات الإشرافية في الحفاظ على النحل البري. وفي النهاية يمكن أن تقوم بعملية تلقيح لنباتات *Dalea* المزروعة.

الملخص

يَبْحث مدراء المزارع الفيدراليون والحكوميون والأهلّيون في غرب الولايات المتحدة الأمريكية سنوياً عن أطنان من بذور الأعشاب البرية المحلية السائدة بسعرٍ مناسب لاستخدامها في برنامج إعادة تاهيل أراضيهم البرية والحفاظ عليها. السعر المرتفع جداً لبذور الأزهار البرية التي يتم جمعها من الطبيعة يُعيق مثل هذه الخطوات. تكلفة البذور والضرورة العملية تُحتم زراعة هذه الأزهار من أجل الحصول على بذورها. كما أن الزراعات غير المتجانسة تحتاج إلى طرق جمع وحصاد بذور خاصة ودقيقة بالإضافة إلى مواقع خاصة للحفاظ على خليط البذور، الأمر الذي يملي على المزارع بأن يقوم بزراعة هذه الأنواع في زراعاتٍ أُحادية بدلاً من المروج المختلطة. لكن المزارعين المحليين يمكن أن يقوموا بزراعة أكثر من نوع من الأزهار البرية إذا كانت خبرتهم ومهارتهم مناسبة للقيام بذلك.

أجد أن النحل مطلوب لتلقيح كل أنواع الأزهار البرية المرغوبة من أجل إعادة تأهيل والحفاظ على مجتمعات الحوض العظيم. بدايةً فإن النحل المربى وبشكل جيد سيكون ضرورياً على الأقل "كجسر" للمزارعين في سنوات زراعتهم الأولى، وعندما يبدأ النحل البري بالتكاثر ويتواجد بدرجة كافية وبأعداد مناسبة في المزرعة، فإن بعض المزارعين سوف يتمتعون بخدمات تلقيح كافية من مجتمعات النحل البري المرباة بشكلٍ غير مباشر. وتضم الخيارات التي يتم دراستها كملقحات: بما في ذلك نحل العسل، أنواعا غير اجتماعية يتم إدارتها حالياً (*O. lignaria* و *M. rotundata*) وكذلك أنواعا

إضافية من أجناس *Osmia* و *Megachile* و *Hoplitis* والتي تعشش بالتجاويف المختلفة وتظهر مقدرةً بالتلقيح وإمكانية إدارتها وتعشيشها. أنواع النحل المحلية سوف تحتاج إلى عناية وإدارة مستدامة بمزارع البذور؛ لأنه من غير العملي ومن المكلف إعادة بناء المجتمعات سنويا من خلال جذبها لمجتمعات أزهار برية يتم زراعتها سنويا. المجتمعات البرية (التي لا يتم إدارتها والعناية بها) من النحل الطنّان ونحل الأعشاش الأرضية سوف تستفيد من الإجراءات والممارسات البسيطة للحفاظ والعناية بالملقحات بما في ذلك منع الحراثة خلال أوقات التعشيش الأرضي، والاستخدام الحكيم للمبيدات الزراعية وزراعة محاصيل رعوية مكملة بالجوار.

الدروس التي تم تعلمها والمتعلقة بالملقحات في مشروع اختيار وإكثار الأزهار البرية بالحوض العظيم يجب أن تُترجم للمناطق الأخرى التي تتوفر فيها أنواع الأزهار البرية المحلية ويمكن استخدامها وبشكل كبير في تأهيل المناطق المختلفة في الولايات المتحدة الأمريكية بما فيها هضبة كولارادو العليا، وصحراء موجافي وكذلك السهول الواسعة. إن إعادة التأهيل ونشر البذور الناجح للأزهار البرية المحلية سيكون لها أثر بيئي إيجابي بعيد المدى على مجتمعات النباتات المُدمَرة بمنطقة الحوض العظيم ومجتمعات النحل البري المتعلقة بها. هذه الاستحقاقات سوف تُقلل من الأثر الاقتصادي لصناعة إنتاج البذور المحلية البسيطة نسبياً والاحتياجات النحلية غير التقليدية التي تحتاجها في عملية إنتاج البذور.

المراجع العلمية

Babcock, E. B., and Stebbins, G. L. (1938). The American species of *Crepis*: Their interrelationships and distribution as affected by polyploidy (Carnegie Institution Publication no. 504). Washington, DC: Carnegie Institution.

Bosch, J. (1995). Comparison of nesting materials for the orchard pollinator *Osmia cornuta* Hymenoptera: Megachilidae). Entomologia Generalis, 19, 285-289.

Bosch, J., and Kemp, W. P. (2002). Developing and establishing bee species as crop pollinators: The example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. Bulletin of Entomological Research, 92, 3-16.

Cane, J. H. (1997). Ground-nesting bees: The neglected pollinator resource for agriculture. Acta Horticulturae, 437, 309-324.

Cane, J. H.. (2002). Pollinating bees (Hymenoptera: Apiformes) of U.S. alfalfa compared for rates of pod and seed set. Journal of Economic Entomology, 95, 22-27.

Cane, J. H. (2005). Pollination needs of arrowleaf balsamroot, Balsamorhiza sagittata (Heliantheae: Asteraceae). Western North American Naturalist, 65, 359-364.

Cane, J. H.. (2006a). An evaluation of pollination mechanisms for purple prairie-clover, *Dalea purpurea* (Fabaceae: Amorpheae). American Midland Naturalist, 156, 193-197.

Cane, J. H.. (2006b). The Logan BeeMail shelter: A practical, portable unit for managing cavity-nesting agricultural pollinators. American Bee Journal, 146, 611-613.

Cane, J. H.. (2008). Breeding biologies, pollinating bees and seed production of *Cleome lutea* and *C. serrulata* (Cleomaceae). Plant Species Biology, in press.

Cane, J. H.. (2008) A native ground-nesting bee (*Nomia melanderi*) sustainably managed to pollinate alfalfa across an intensively agricultural landscape. Apidologie, in press.

Cane, J. H., Griswold, T., and Parker, F. D. (2007). Substrates and materials used for nesting by North American Osmia bees (Hymenoptera: Apiformes: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 100, 350-358.

Cane, J. H., and Payne, J. A. (1993). Regional, annual and seasonal variation in pollinator guilds: Intrinsic traits of bees (Hymenoptera: Apoidea) underlie their patterns of abundance at *Vaccinium ashei* (Ericaceae). Annals of the Entomological Society of America, 86, 577-588.

Cane, J. H., Schiffhauer, D., and Kervin, L. J. (1996). Pollination, foraging, and nesting ecology of the leaf-cutting bee *Megachile* (Delomegachile) addenda (Hymenoptera: Megachilidae) on cran-berry beds. Annals of the Entomological Society of America, 89, 361-367.

Eickwort, G. C., Matthews, R. W., and Carpenter, J. (1981). Observations on the nesting behavior of *Megachile rubi* and *M. texana* with a discussion of the significance of soil nesting in the evo- lution of megachilid bees (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 54, 557-570.

Free, J. B. (1993). Insect pollination of crops. New York: Academic Press.

Frohlich, D. R. (1983). On the nesting biology of *Osmia* (Chenosmia) *bruneri* (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 56, 123-130.

Hobbs, G. A. (1956). Ecology of the leaf-cutter bee *Megachile perihirta* Ckll. (Hymenoptera: Megachilidae) in relation to production of alfalfa seed. Canadian Entomologist, 87, 625-631.

Hurd, P. D., Jr., Linsley, E. G., and Whitaker, T. W. (1971). Squash and gourd bees (Peponapis, Xenoglossa) and the origin of the cultivated Cucurbita. Evolution, 25, 218-234.

Johansen, C. A., Mayer, D. F., and Eves, J. D. (1978). Biology and management of the alkali bee, *Nomia melanderi* Cockerell (Hymenoptera: Halictidae). Melanderia, 28, 25-46.

Klein, A. M., Vassiere, B. E., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C., et al. 2007. (Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society of London: Series B, 274: 303-313.

Monsen, S. B., and Shaw, N. L. (2001). Development and use of plant resources for western wild- lands. Proceedings of the Rocky Mountain Research Station P-21. Ogden, UT: USDA Forest Service, 47-61.

Parker, F. D. (1985). A candidate legume pollinator, *Osmia sanrafaelae* Parker (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Apicultural Research, 24, 132-136.

Roulston, T., Sampson, B., and Cane, J. H. (1996). Squash and pumpkin pollinators plentiful in Alabama. Alabama Agricultural Experiment Station, 43,19-20.

Sampson, B. J., and Cane, J. H. (2000). Pollination efficiencies of three bee (Hymenoptera: Apoidea) species visiting rabbiteye blueberry. Journal of Economic Entomology, 93, 1726-1731.

Scott-Dupree, C. D., and Winston, M. L. (1987). Wild bee pollinator diversity and abundance in orchard and uncultivated habitats in the Okanagan Valley, British Columbia. Canadian Entomologist, 119, 735-745.

Shuler, R. E., Roulston, T. H., and Farris, G. E. (2005). Farming practices influence wild pollinator populations on squash and pumpkin. Journal of Economic Entomology, 98, 790-795.

Stephen, W. P. (2003). Solitary bees in North American agriculture: A perspective. In K. Stricklerand J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (41-66). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Swoboda, K. A. (2007). The pollination ecology of Hedysarum boreale Nutt. and evaluation of its pollinating bees for restoration seed production. Unpublished master's thesis, Utah State University.

Tepedino, V. J. (1979). Notes on the flower-visiting habits of Pseudomasaris vespoides (Hymenoptera: Masaridae). Southwestern Naturalist, 24, 380-381.

Tepedino, V. J.. (1981). The pollination efficiency of the squash bee (*Peponapis pruinosa*) and the honey bee (*Apis mellifera*) on summer squash (*Cucurbita pepo*). Journal of the Kansas Entomological Society, 54, 359-377.

Tepedino, V. J. (1997). A comparison of the alfalfa leafcutting bee (*Megachile rotundata*) and the honey bee (*Apis mellifera*) as pollinators for hybrid carrot seed in field cages. In K. W. Richards (ed.) Acta Horticulturae 437: 457-461.

Tepedino, V. J.. (2000). The reproductive biology of rare rangeland plants and their vulnerability to insec-ticides (USDA APHIS Technical Bulletin No. 1809: Grasshopper Integrated Pest Management Users Handbook). Riverdale, MD: USDA Animal and Plant Health Inspection Service.

Torchio, P. F. (1989). In-nest biologies and development of immature stages of three *Osmia* species (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 82, 599-615.

Torchio, P. F. (2003). The development of *Osmia lignaria* Say (Hymenoptera: Megachilidae) as a managed pollinator of apple and almond crops: A case study. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (67-84). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Wisdom, M. J., Rowland, M. M., and Surber, J. L. (2005). Habitat threats in the sagebrush ecosystem: Methods of regional assessment and applications in the Great Basin. Lawrence, KS: Alliance Communications Group.

Wuellner, C. T. (1999). Nest site preference and success in a gregarious, ground-nesting bee *Dieunomia triangulifera*. Ecological Entomology, 24, 471-479.

الفصل الخامس

نحل العسل والنحل الطنّان والمكافحة الحيوية

علاقة جديدة لصداقة قديمة

Peter G. Kevan, Jean-Pierre Kaponga, Mohammad Al-mazra'awi and Les Shipp

مقدمة

النحل معروف بقدرته على حمل الجزيئات المجهرية. وقبل كل شيء فالنحل ملقحات طبيعية وحبوب اللقاح جسيمات مجهرية (Wodehouse, 1959) ومن المعروف أيضاً أن النحل يستطيع حمل الجراثيم الفطرية والبكتيريا، والتي قد يُسبب بعضها الأمراض للنحل نفسة أو للنبات (Morse and Nowogrodzki, 1990; Shaw, 1999). إن قدرة النحل على حمل جراثيم الفطر والبكتيريا والفيروسات يمكن استغلالها لصالحنا عند استخدامه لنقل الأعداء الحيوية، وهي تقنية تدعى تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات (Kevan et al., 2001, 2003, 2004 and 2005). سنتعرض في هذا الجزء من الكتاب لمجموعةٍ من الأعداء الحيوية المفيدة في هذه التقنية والآفات التي يُمكننا مكافحتها. هذه الأعداء الحيوية جميعها يمكن تهيئتها وبشكلٍ جيد لمكافحة الأعشاب، والأمراض النباتية أو الآفات الحشرية. وبعدها يمكن التحقق من أن هذا الاستخدام آمن على النحل مع قُدرته على مكافحة هذه الآفات بكفاءةٍ عالية. ويتبع هذين الأمرين

ويرتبط بهما بشكل وثيق، بما يتعلق باستخدام تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات، مسألة تحديد التركيز الفعال من الأعداء الحيوية وتجهيزها بشكل فعال وكفاءة حملها ونقلها بواسطة الملقح. كما أننا سنناقش مسألة تصميم الأداة الموزعة (Dispenser) لأنها توثر على كفاءة حمل المادة المُجهزة للعدو الحيوي من قبل الملقح، وبالتالي فهي تشكل عنصراً إضافياً من عناصر هذه التقنية. وأخيرا سوف نتطرق بشكل مقتضب إلى السلامة البيئية وقضية الآثار الجانبية على الكائنات الحية الأخرى.

العناصر المكونة لهذه التقنية:

١- المحصول المستهدف بعملية بالمكافحة.

٢- الآفة (أعشاب، أمراض، حشرات والمتطفلات النباتية الأخرى).

٣- الملقحات الحشرية التي تُلقِح أو تزور أزهار المحصول المعني.

٤- العدو الحيوي الذي يُمكن حمله بواسطة الملقح.

٥- التجهيزات الملائمة من العدو الحيوي التي تحقق فعاليةً عاليةً في نقله بواسطة الملقح ولا يضر بسلامة الملقح نفسه وله فعالية عالية في مكافحة الآفة المستهدفة.

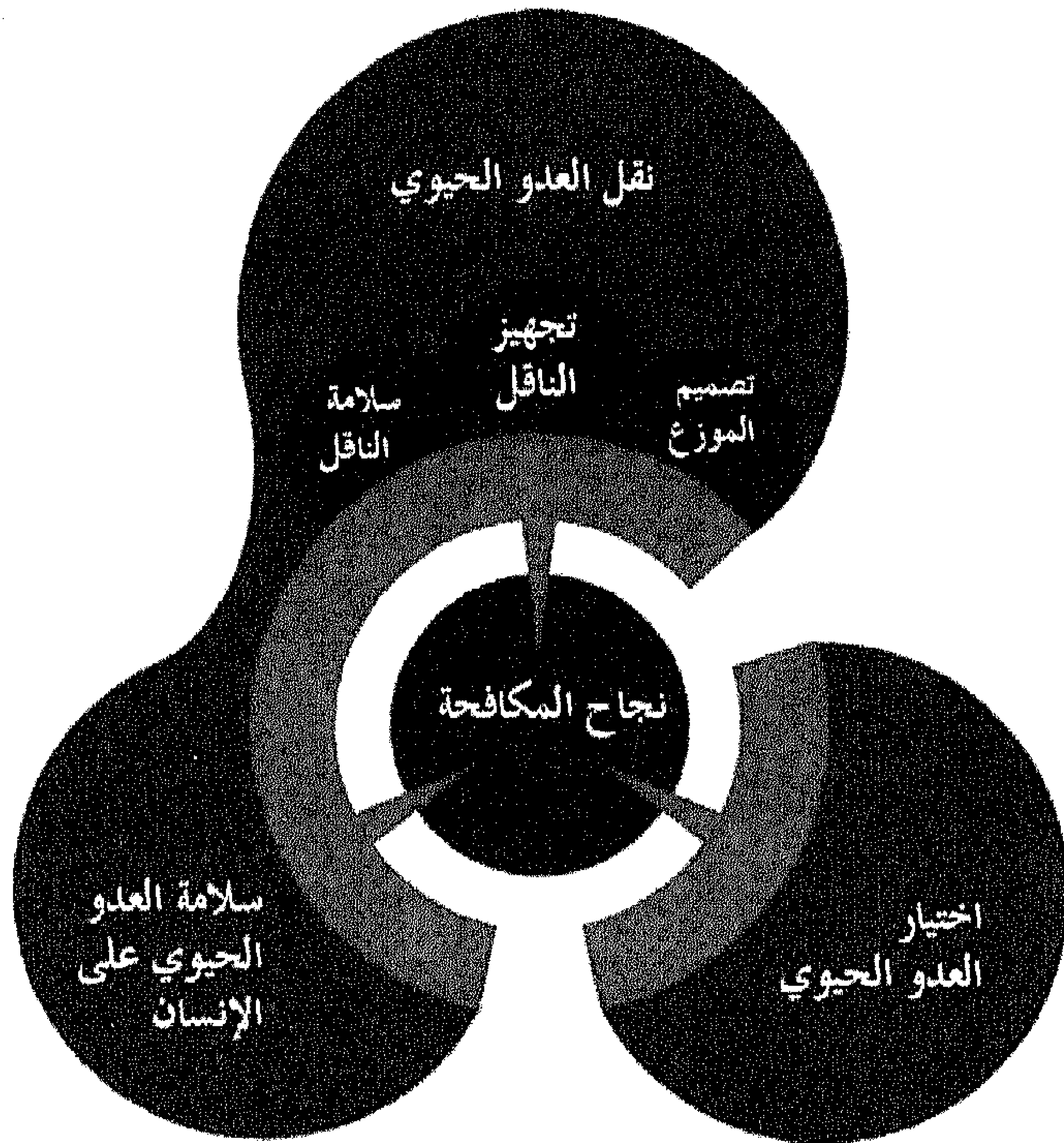
٦- طريقة عمل وتزويد الجرعات (النشر والتوزيع).

٧- المستهلك والسلامة البيئية.

وعلى الرغم من أن هذه التقنية تم تطويرها لإدارة الآفات والأمراض النباتية، إلا أن التطبيق الناجح يحتاج إلى بحثٍ في مجالاتٍ مختلفة وعلى عدة جبهات. فالعدو الحيوي المستخدم يجب أن يكون فعالاً في مكافحة الآفة، وآمناً بشكلٍ نسبي على الناقل أو الملقح، ويجب أن يتم توزيع العدو الحيوي من قبل الملقح بكميةٍ كافية لتقوم بعملٍ فعال ضد الآفة وأن لا يتأثر المحصول المعني بالمكافحة بشكلٍ ملحوظ. يجب أن يكون علم الأمراض المتعلق بالنباتات والحشرات جزءا من البحث والتطوير عند استخدامنا المكافحة الميكروبية من خلال هذه التقنية. وتصميم موزع الجرعات يحتاج إلى الفحص الدقيق في سلوك الملقح الناقل، كما تعمل تقنية التجهيز على تعظيم حجم

الجرعة المحمولة لزيادة الانتشار والتوزيع وكذلك كمية الجرعة النهائية التي تصل إلى الهدف المَعني بدون آثارٍ سلبية على سلامة الناقل.

كما أن سلامة الكائنات الأخرى غير المستهدفة في البيئة يجب أن تُؤخذ بعين الاعتبار. وأخيراً فإن أي مُنتج يتم تطويره وحمايته من خلال استخدام تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات يجب أن يكون آمناً للاستهلاك من قبل الإنسان أو الحيوان. يوضح الشكل (٥,١) أوجه الترابط والتكامل بين مكونات عملية البحث والتطوير لهذه التقنية.



الشكل (٥,١). التكامل والترابط في البحث والتطوير بين عناصر تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات.

إن تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات تم بحثها من قبل العديد من الباحثين بطرقٍ مختلفةٍ كثيرة وباستخدام أعداء حيوية مختلفة وبتجهيزاتٍ مختلفةٍ أيضاً، وتم فيها استخدام ملقحات حشرية مختلفة وأدوات توزيع مختلفة للعدو الحيوي. ومع أن القليل من الباحثين والمهتمين قاموا بعمل تقارير حول استخدام هذه الطريقة، إلا أن هذه الدراسات والتقارير تضمنت مقارناتٍ قليلة في دراسة معينة، وبالتالي لا يمكن لهذا الفصل من الكتاب أن يُعطي مقارنةً فاعلةً وشاملةً بتفاصيل استخدام هذه التقنية. ولذلك يجب أن يعلم القراء أن استخدام هذه التقنية له قدرة كامنة عظيمة في حماية المحاصيل، وعلى المهتمين باستخدامها في أبحاثهم المختلفة الرجوع إلى الأوراق العلمية التي تم الإشارة لها بهذا الكتاب لكي يتم تحديد كيفية القيام بذلك. والجزء المهم هنا أن يتم اكتشاف الوسيلة حول الاستفادة من تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات للتعامل مع المشكلات الراهنة.

عوامل المكافحة

منع تكوين بذور الأعشاب والنباتات الدخيلة أو الغازية

من أهم اعتبارات استخدام هذه التقنية كان منع إنتاج الثمار والبذور في نبات اللبينة *Asclepias syriaca* (Asclepiadacea) (Eisilkovitch et al., 1990 and Kevan et al., 1989a,b). وتعمل الخميرة *Metschnikovia reukaufii* التابعة لمجموعة الفطريات الأسكية (Ascomycetes) على تثبيط إنتاج الرحيق في أزهار هذا النبات العشبي. ويمكن حمل ونقل خلايا هذه الخميرة بواسطة بعض الحشرات الملقحة وعندما تصل الخميرة إلى الرحيق في أزهار هذا النبات، فإنه يعمل على تثبيط إنبات حبة اللقاح. ويُفرَز الرحيق من سطح الميسم في جنس *Asclepias*، وهو الوسط الطبيعي لنمو حبة اللقاح، ولذلك يبدو من المنطقي أن نعمل على تطبيق كثيف للخميرة ثم نشره بواسطة الملقحات لتقليل

إنتاج الثمار والبذور في هذه النباتات. وعلى الرغم من الفائدة المرجوة من التغير، والتعامل مع هذا النظام ثلاثي الممالك (نبات، وخميرة وحشرة) لمكافحة الأعشاب وكذلك بما يتعلق بتداعيات وآثار التطور أو النشوء المرتبطة بنظريات اختيار الشريك بالنباتات (Morgan and Schoen, 1997)، إلا أن هناك حاجة لإجراء أبحاث إضافية بهذا الموضوع. فالفكرة لم تكن عابرة وبدون ملاحظة، فحديثاً اقترح Forcella (1997) إمكانية استخدام نحل العسل (*Apis mellifera* : Apidae) لنقل بعض مبيدات الأعشاب "متناهية الصغر والمتخصصة بقتل جاميتات محددة" مثل مبيد الجلوفوسينيت العشبي بهدف منع إنتاج البذور في الأعشاب.

مكافحة الأمراض النباتية

تم استخدام تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات بشكل ناجح في مكافحة العفن الرمادي (*Botrytis cinerea*, Moniliaceae) على نباتات الفراولة (*Fragaria X Ananasa*, Rosaceae) باستخدام العدو الحيوي الفطري (*Clonostachys rosea*, Hypocereales)، وباستخدام نحل العسل كملقح وناقل لهذا العدو الحيوي (Peng et al., 1992). مستوى المكافحة كان مشابهاً لاستخدام المبيدات الفطرية المُوصى بها وبنفس التركيز ومرات الاستخدام. بعد ذلك، تم استخدام هذه الطريقة على نباتات التوت البري (*Rubus idaeus*, Rosaceae) لمكافحة نفس المسبب المرضي باستخدام نحل العسل والنحل الطنّان (*Bombus impatiens*, Apidae) (Sutton et al., 1996 and Yu and Sutton, 1997) وكانت مستويات النجاح في حماية الفواكه مساوية أو تزيد عن استخدام الطرق التقليدية باستخدام المبيدات. قام Yu and Sutton (1997) بمقارنة رش العدو الحيوي *C. rosea* بواسطة الهواء المضغوط أو بواسطة تقنية النقل باستخدام الملقحات. فلوحظ أن نسبة الأزهار التي لم تحصل على العدوى (*C. rosea*) كانت أعلى في المناطق التي تم نشر العدو الحيوي فيها باستخدام الهواء المضغوط (٥٥-٥٧٪) مقارنة بحوالي

(٦-٩٪) في حالة استخدام النحل الطنّان أو (١٤-١٥٪) في حالة نحل العسل الذي يحمل الفطر (*C. rosea*). ولكن كان تثبيط العفن الرمادي بالأزهار أفضل عند استخدام النحل عنه في حالة استخدام المرشات الهوائية. ومنذ ذلك الوقت، قام العديد من الباحثين بنقل المتطفل الفطري تراكوديرما (*Trichoderma harzianum*, Hypocreace) لأزهار الفراولة باستخدام نحل العسل (Maccagani et al., 1999) والنحل الطنّان (Kovac ey al., 2000) وكذلك المضاد الفطري (*Ulocladium atrum*, Hypomycetes) لأزهار الفراولة باستخدام نحل العسل (van der Steen et al., 2006). وكل ما ذُكر من تقارير عن تثبيط العفن الرمادي أيضاً قام بتثبيط العفن الحجري (*Sclerotinia sclerotiorun*, Sclerotiniaceae) وهو مسبب مرضي مهم للمحاصيل. Escande وآخرون (١٩٩٤م، ٢٠٠٢م) نجحوا باستخدام هذه الفطريات بواسطة نحل العسل "كناقل" لحماية نباتات دوار الشمس (*Helianthus annuus*, Asteraceae) من تعفن طرف "رأس" الثمرة الناتج عن الإصابة بالعفن الحجري (*Sclerotinia sclerotiorun*, Sclerotiniaceae). وقد قاوم الباحث Svedelius (2000) المسبب المرضي الفطري (*Didymella bryoniae*, Ascomycetes) على نبات الخيار (*Cucumis sativus*, Cucurbitaceae) بواسطة فطر الترايكوديرما (*Trichoderma harzianum*) المنقول بواسطة النحل الطنّان (*Bombus terrestris*, Apidae) داخل البيوت المحمية.

يتوفر عدد غير محدود من الأعداء الحيوية يمكن استخدامها في مكافحة الأمراض النباتية بواسطة تقنية النقل بالملقحات. تقريباً، في نفس الفترة التي كنا نقوم بها بأبحاثنا في هذا المجال كان الباحث Johnson وزملاؤه (1992 و 1993) و Thompson وزملاؤه (1996) يجرون تجارب حول استخدام هذه التقنية بواسطة نحل العسل في مكافحة بكتيريا اللفحة النارية (*Erwinia amylovora*, Enterobacteriaceae) باستخدام البكتيريا (*Pseudomonas fluorescens*, Pseudomonadaceae) على أشجار التفاح (*Malus* X *Domestica*, Rosaseae) والكمثرى (*Pyrus cuminis*, Rosaseae) ومنذ ذلك الحين بدأ الاهتمام يتزايد بهذه التقنية

بشكل متسارع (e.g., Nuclo et al., 1998 and Pusey, 2002). ومن الأمثلة الأخرى، والتي يمكن مكافحتها بهذه الطريقة، مرض مومياء الثمرة الناتج عن المسبب المرضي الفطري (*Monilinia vaccinii-corymbosi*, Pezizaceae) والذي ينتقل بشكل إجباري بواسطة الملقحات لأنواع التوت الأزرق (*Vaccinium* spp. Ericaceae) (Batra, 1983 and Woronin, 1888) والتي يمكن مكافحتها بالبكتيريا (*Bacillus subtilis* Bacillaceae) المنقولة بواسطة الملقحات (Dedj et al, 2004). ومن الأمثلة أيضاً ما يدعى بالخميرة القاتلة (*Metschnikovia fructicola*) "وهو نوع تم وصفه حديثاً ينتمي للفطريات الأسكسية تتم تجربته في مكافحة العفن الرمادي على الثمار الغضة (Kurtzman and Droby, 2001 and Karabulut et al., 2003). ولكن ما هو متوفر من معلومات لدينا أنه لم يقم أحد حتى الآن باستخدام الملقحات بنشر هذا الفطر حتى الآن.

مكافحة الآفات الحشرية

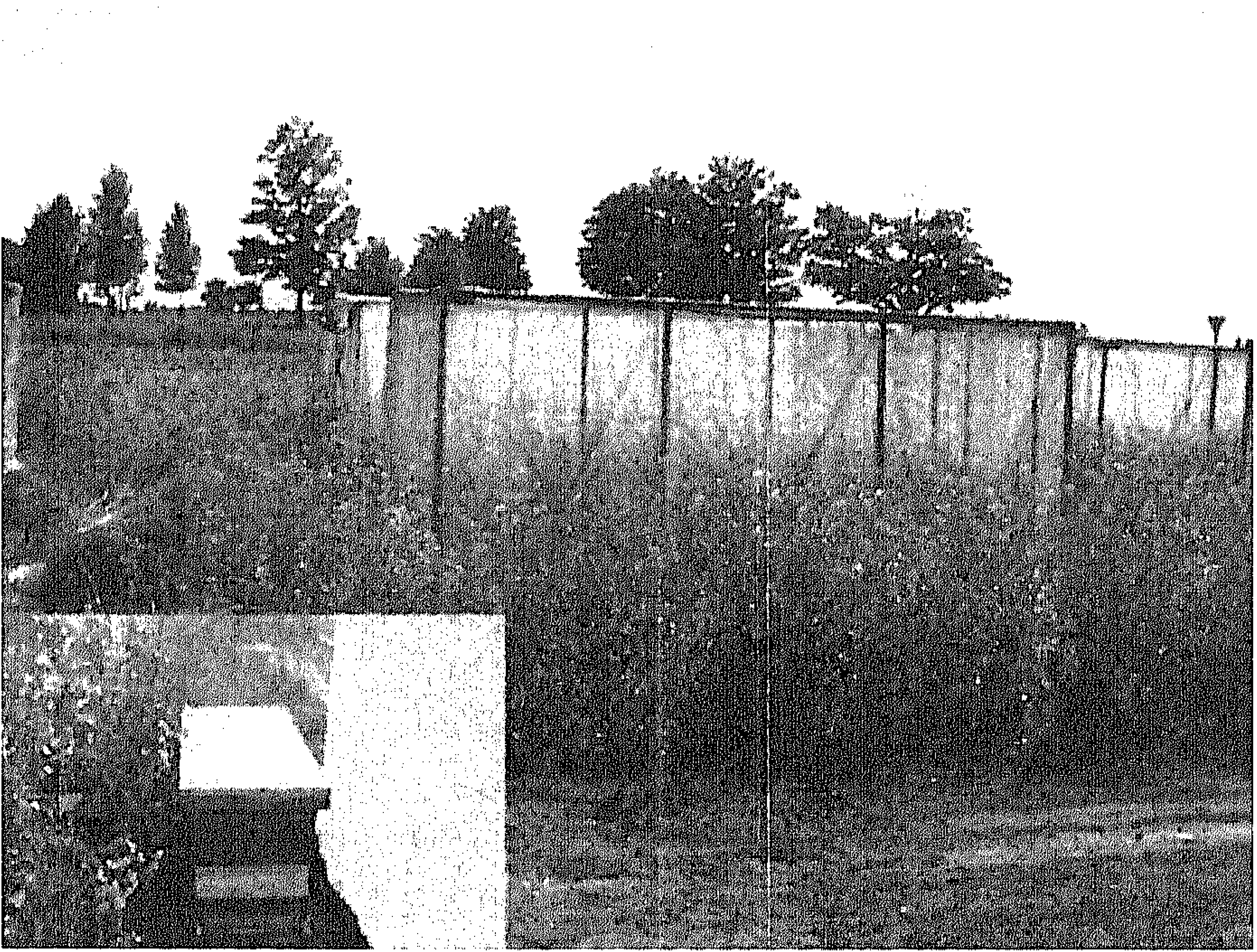
لقد تم تقييم تقنية استخدام الملقحات بنقل الأعداء الحيوية في مكافحة العديد من الآفات على المحاصيل. Gross وزملاؤه (1994) استخدموا نحل العسل في نقل فيروس دودة ثمار القطن (Heliothis) متعدد سطوح النواة (NPHV) على نبات البرسيم القرمزي (*Trifolium incarantum*, Fabaceae) للمساعدة في مكافحة عثة أكواز الذرة (*Helicoverpa zea*, Noctuidae). على الرغم من أن هذه المبادرة لم يتم اتباعها بأمريكا، إلا أن Butt وزملاءه (1999) وحديثاً أيضاً Carreck وزملاءه (2007) أعادوا للفكرة أهميتها بعد أن استخدموا العدو الحيوي (*Metarhizium anisopliae*, Clavicipitaceae) على أزهار الكانولا (*Brassica napus*, Brassicaseae) لتثبيط أعداد أحد خنافس التلقيح الضارة (*Meligethes aeneus*, Nitidukidae)، وبعد ذلك سوسة ثمار الملفوف (*Ceutorhynchus assimilis*, Curculionidae). تُبين الأبحاث التي قام بها Jyoti و Brewer (1999) إمكانية استخدام نحل العسل بكفاءة في نقل البكتيريا النافعة

(*Bacillus thuringensis* var *kurstaki* , Bacillaceae) لمكافحة عثة دوار الشمس المخططة (*Cochylis hospes*, Tortricidae) في نباتات دوار الشمس (*Helianthis annuus*)، كانت نتائج المكافحة التي تم الحصول عليها عالية بالإضافة إلى كفاءة عالية بالتلقيح وعقد الثمار أفضل من الأُسلوب التقليدي في رش هذه البكتيريا النافعة (Bt).

إن الأبحاث التي قمنا بها كانت نتيجةً للزيادة العددية المفاجئة في بقة النبات المنقطة على نباتات الكانولا في ألبيرتا بكندا بعام ١٩٩٨م (Carcamo et al., 2003) وتم خلال الأبحاث استخدام الفطر النافع (*Baeuveria bassiana*, Claviciptaceae) والمعروف بأنه يسبب الموت من خلال (Bidochka et al., 1993 and Gindin et al., 1996) تفكيك وتحطيم خلايا القشرة الخارجية للحشرة بالإضافة إلى الأنسجة العضلية (Bidochka et al., 1993). وبما أننا ندرك أن هذه الآفة تصيب العديد من المحاصيل المهمة، ومنها التي تزرع داخل البيوت البلاستيكية، قُمنا بالتوسع في الدراسة لتشمل المكافحة الحيوية لبق النبات على محصول الكانولا (الشكل ٥,٢) وعلى الفلفل الحلو (*Capsicum annuum*, Solanaceae) تحت البيوت البلاستيكية (الشكل٥,٣). وجد Mazra'awi وزملاؤه (2006a) أن نسبة الموت في آفة بق النبات على نبات الكانولا الموجودة داخل أقفاص التجارب باستخدام نحل العسل كملقح وناقل للعدو الحيوي وصلت إلى ما بين ٢٢-٥٦٪ بينما كانت بالشاهد ٩-٢٢٪. الأجسام الثمرية للفطر (*Beauveria bassiana*) وجدت على جميع عينات النحل وعلى حوالي ٦٧-٧٧٪ من الأزهار وحوالي ٧٠٪ من أوراق نبات الكانولا.

وتراوح معدل تركيز الفطر الذي تم تحديده لكل فردٍ من أفراد بق النبات بين ١٤١١-٣٨٠٣ وحدة قادرة على تكوين مستعمرة الفطر (cfu)، بفترة دراسة لعامين. أما في حالة الفلفل الحلو المزروع تحت البيوت البلاستيكية فقد تم استخدام النحل الطنّان لنقل جسيمات العدوى من الفطر (*Beauveria bassiana*) وتراوحت نسبة موت بقة النبات بين ٣٤-٤٥٪ مقارنة مع ٩-١٥٪ في الشاهد (الشكل ٥,٤)

(Al-Mazra'awi, 2004 and Al-Mazra'awi et al., 2006). وكان ما نسبته ٩٧-٩٩٪ من النحل، ٩٠-٩٦٪ من الأزهار ٨٧-٩١٪ من عينات الأوراق تحوي تراكيز يمكن قياسها من الفطر (*Beauveria bassiana*) وفي هذه الدراسة كان معدل تركيز العدوى بالفطر على كل فرد من أفراد عينة آفة بق النبات بتراوح بين ٥٨٧-٧٠٨ وحدة قادرة على تكوين مستعمرة (cfus) لكل بقة نبات.



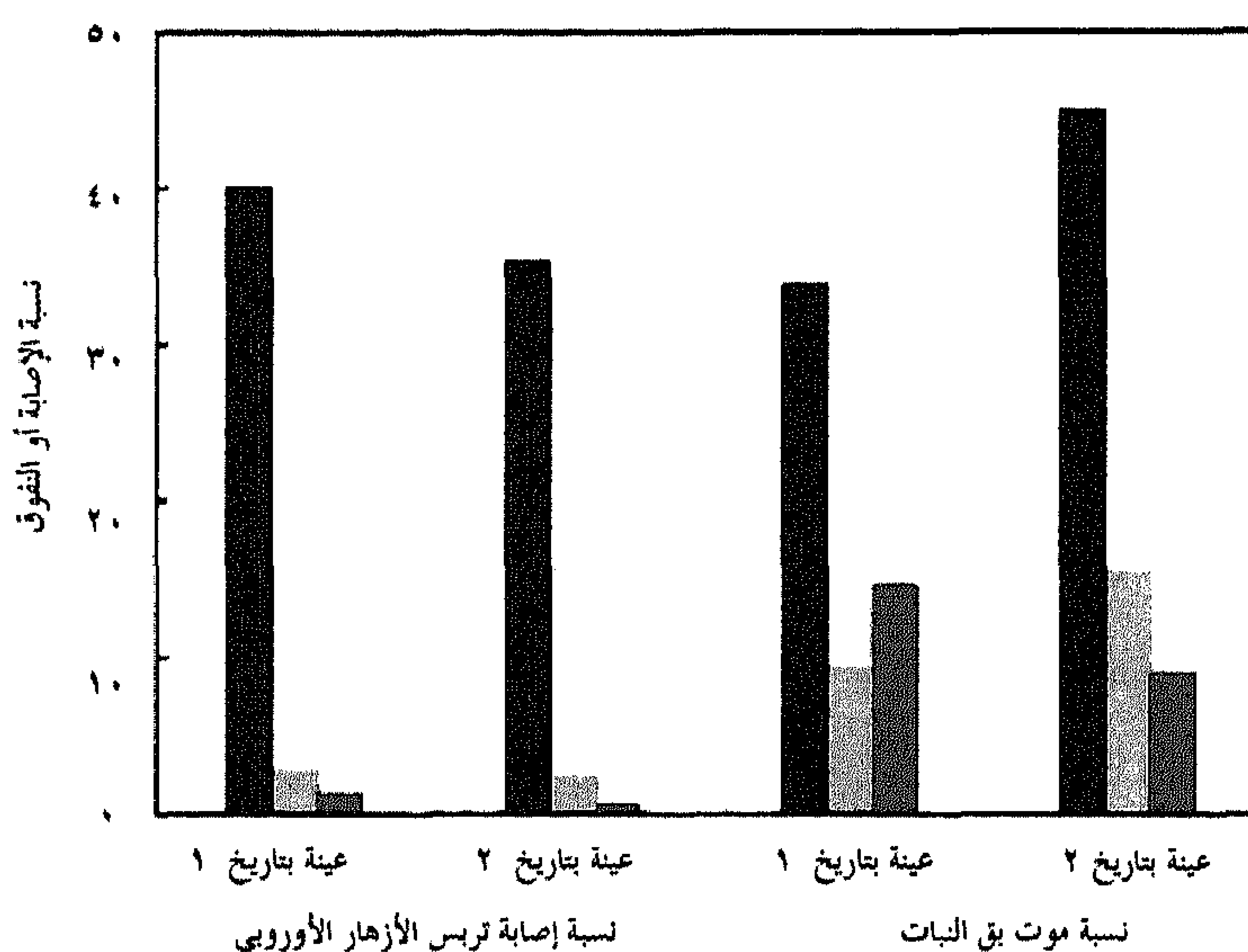
الشكل (٥,٢). حقل تجريبي، تم فيه تقييم تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات: حيث تم استخدام نحل العسل كملقح وناقل لفطر البافاريا باسيانا *Beauvaria bassiana* في مكافحة بقة النبات على محصول الكانولا. الملحق يوضح نوية نحل عسل مع ناشر للعدوى داخل قفص التجربة.



الشكل (٥,٣). خلية نحل طنان مع موّزع للعدوى ملتصق مع بوابة الخلية استخدمت في مجموعة تجارب لبيت محمي من الفلفل الحلو .

وعندما تم تمديد هذا المشروع البحثي أصبحت القدرة على مكافحة تربس الأزهار الأوروبي واضحة وموثقة علمياً (*Frankliniella occidentalis*, Thripidae) وهو آفة مهمة لمحاصيل البيوت البلاستيكية (Al-Mazra"awi et al., 2006b). إن استخدام النحل الطنّان في تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات أدى إلى إصابة تربس الأزهار الأوروبي بمعدل تراوح بين ٣٤٪ و٤٠٪ مقارنة مع ٣٪ فقط في معاملة الشاهد (الشكل ٥,٤). بعد ذلك تم التوسع في استخدام هذه التقنية لتضم آفاتٍ أخرى مثل

ذبابة البيوت المحمية البيضاء (*Trialeurodes vaporariorum*, Aleyrodidae) ومَنّ الدراق الأخضر (*Muzus persicae*, Aphidae) والعفن الرمادي على محاصيل محمية مختلفة وخاصة البندورة (*Lycopersicon* (*esculentum*, Solanaceae) Kapongo et al., 2005 and Shipp et al., 2005). وحديثاً تم إظهار إمكانية استخدام هذه التقنية في نقل أكثر من عدو حيوي معاً لمكافحة الآفات الحشرية وإدارة الأمراض النباتية (Shipp et al., 2006). فقد استخدم النحل الطنّان لنقل العدوى بفطريات (B. *bassiana* and *C. rosea*) لمكافحة بق النبات والذبابة البيضاء وتثبيط نمو العفن الرمادي على محصولي الفلفل والبندورة داخل البيوت البلاستيكية.



الشكل (٥,٤). نسبة إصابة تربس الأزهار الأوروبي "WFT" ونسبة الموت في بقة النبات "TPB" التي تعرضت للفطر بفاريا باسيانا (*Beauvaria bassiana*) المنقول عن طريق النحل الطنان في تجارب على الفلفل الحلو داخل البيوت البلاستيكية، الأعمدة الغامقة: الفطر منقولاً بواسطة النحل الطنان، المتوسطة: النحل الطنان بدون الفطر والفاتحة: بدون معاملة.

سلامة النقل وكفاءة مكافحة الآفة المستهدفة

عند اختيار عدو حيوي واختيار تجهيزة أو تركيبة معينة، فيجب أن يكون الشخص حذراً كي لا يؤثر على صحة وسلامة الناقل الحيوي بشكلٍ ما. من الواضح أن وسائل المكافحة الظاهرة والمناسبة التي تُستخدم في تثبيط عقد البذور في الأعشاب ليس لها تأثير سلبي على الملقح الناقل لها بغض النظر عن نوع العدو الحيوي المستخدم، ويجب تحديد سلامة الناقل قبل تسجيل هذه الأعداء الحيوية كجزء من المجموعة الطبيعية من الكائنات الحية الدقيقة التي يمكن أن تتلازم مع الملقحات.

وقد تم اختبار سلامة الفطر النافع (*Trichoderma harzianum*) الذي يثبط نمو العفن الرمادي على الناقل، ومن الواضح أنه آمن الاستخدام مع كل من نحل العسل والنحل الطنّان (van der Steen et al., 2004). والعوامل الفطرية النباتية التي تم استخدامها حتى الآن ولها نتائج نافعة وجيدة، يُعتقد بأنها آمنة أيضا ولكن لا بُد من إجراء اختبار السلامة.

ومع ذلك فعندما يتم التعامل مع المسببات المرضية للحشرات، فيجب على الشخص أن يفترض بأن المخاطر على النواقل يمكن قياسها. فلقد تم اختبار تأثير البكتيريا (Bt) على عاملات نحل العسل ووُجدت بأنها آمنة (Vandenberg and Shimanuki, 1986) والاختبارات على النحل الطنّان لم تتم بعد. قمنا بتقّيم الأخطار على المُلقحات عند ارتباطها بالفطر النافع (*B. bassiana*). فقد وجدنا أن التركيبة التجارية Botanigard 22 WP لهذا الفطر (Lavwelam International Corp., Butte, MT) يجب تخفيفها من تركيز مقداره ٢×١٠^١١ كونيديا/جم في التركيبة التجارية الجاهزة إلى ٦× ١٠^١٠ كونيديا/جم لتحقيق أدنى مستوى لموت عاملات النحل الطنّان (*Bombus impatiens*) وأعلى نسبة موت من الآفة (Kapongo et al., 2005; Shipp et al., 2006). عند تركيز أقل، فمن المعروف أن هذا الفطر *B. bassiana* له تأثير قليل على نحل

العسل (Vandenberg, 1990; Goettel and Jaronski, 1997). وزيادة على ذلك فليس من المتوقع أن تحدث الإصابة على درجة حرارة صندوق التربية بالخلية والبالغة تقريبا ٣٥°م. بشكل عام يبدو أن النحل الطنّان أكثر حساسية من نحل العسل وبشكل بسيط ليصاب بالفطر (*B. bassiana*)، ولكن احتمالية الإصابة قليلة (Al-Mazra'awi 2004 and Kapongo, unpublished data). كما أن الفطر (*Metarhizium anisopliae*) يشكل خطراً على النحل الناقل .(Macfarlane, 1976) وقد تم اختياره للمكافحة الحيوية لحلم الفاروا داخل مستعمرات نحل العسل (Kanga et al., 2033 and James et al., 2006) ولكن من المحتمل أن تكون هذه الأخطار قليلة ومشابهة لتلك الناتجة من استخدام الفطر (*B. bassiana*). الفيروس المسمى (NPHV) والذي تم استخدامه من قبل Gross وزملائه (1994) متخصص برتبة حرشفية الأجنحة وبالتالي فمن المحتمل بأنه آمن.

المخففات والتجهيزات

إن الأعداء الحيوية التي يتم استخدامها بتقنية نقل العدو الحيوي بواسطة الملقح ذات تراكيب وتجهيزات تجارية عالية التركيز ويجب أن يتم تخفيفها من أجل تقليل التكلفة بشكلٍ فعالٍ وزيادة انتشار جرعاتها على الموقع المستهدف. تم استخدام العديد من المخَفِفَات لتحضير تركيبة العدوى التي يتم وضعها واستعمالها بالموَزع. فقد تختلف هذه المخَفِفَات وبشكل كبير في خصائصها والتي يمكن أن تؤثر في استخدامها.

وجد Israel و Boland (١٩٩٣م) أن بعض المُخَفِفات (الحاملات) مثل بودرة التلك وخاصة البودرة ذات الرائحة والمُعطَرة، مُهَيجَة لنحل العسل الذي يعمل على تنظيف نفسه وإزالة هذه المادة وتحتاج لفترة قد تصل إلى دقيقة خلال عملية تنظيف أجسامها. مواد حاملة أخرى، مثل الطحين، كان قبولها أفضل من قبل النحل ولا تُحفز عملية التنظيف وإزالة المادة إلا لفترة قصيرة تعادل نصف فترة التنظيف في حالة استخدام بودرة التلك مما يزيد من النقلَ الكفؤ للعدوالحيوي. جراثيم الفطر (*B. bassiana*) يمكن

تخفيفها باستخدام طحين الذرة، نشاء الذرة، البودرة، الفطريات أو مواد أخرى لتعظيم انتشار العدو الحيوي وزيادة فترة الحياة خلال النقل. وجد Al-Mazra'awi (2004) أن نحل العسل الذي يمر من خلال طحين الذرة يحمل جراثيم أكثر من النحل الذي يمر من خلال طحين القمح أو النخالة أو نشا الذرة أو نشا البطاطا أو شرانح البطاطا أو طحين الشوفان وطحين الشعير. والحكم العام أن عدد الجراثيم التي يتم حملها من قبل النحلة تزيد مع صغر حجم المادة الحاملة وانخفاض نسبة الرطوبة بها ومع زيادة تركيز الفطر (*B. bassiana*) في التركيبة المستخدمة. الوقت المستغرق من قبل نحلة العسل بالمرور من خلال الموزع لا يؤثر بشكل معنوي على الاحتفاظ بالجراثيم. قارن العالم Der Steen وزملاؤه (2006) الاستفادة النسبية لمواد حاملة أخرى مثل (السليلوز، الكوارتز، بودرة التلك، الطحلب الأرضي، مواد الطين: مثل البنتونايت والكاؤلين)، وكيف يمكن أن تؤثر على التصاق جراثيم العدوى بالنحل وبعدها ببتلات زهرة الفراولة، ووجُد أن البنتونايت يلتصق بشكل جيد على جسم النحلة والأفضل من حيث الالتصاق بالبتلات. حبيبات البوليستيرين تم استخدامها أيضاً بالتجارب ولكن قد يكون استخدامها بتجهيز التركيبة التجارية مكلفاً (Butte et al., 1998).

وعلى الرغم من أن توليفة كاملة من المقارنات للعديد من المخففات النباتية والملحية "المعدنية" ما زالت تحتاج لاختبار الناشر، إلا أننا نعتقد أن المخففات الملحية "المعدنية" ستكون أقل فعالية بسبب التهيج الذي تُسببه للنحل.

تصميم الموزع
(Dispenser)

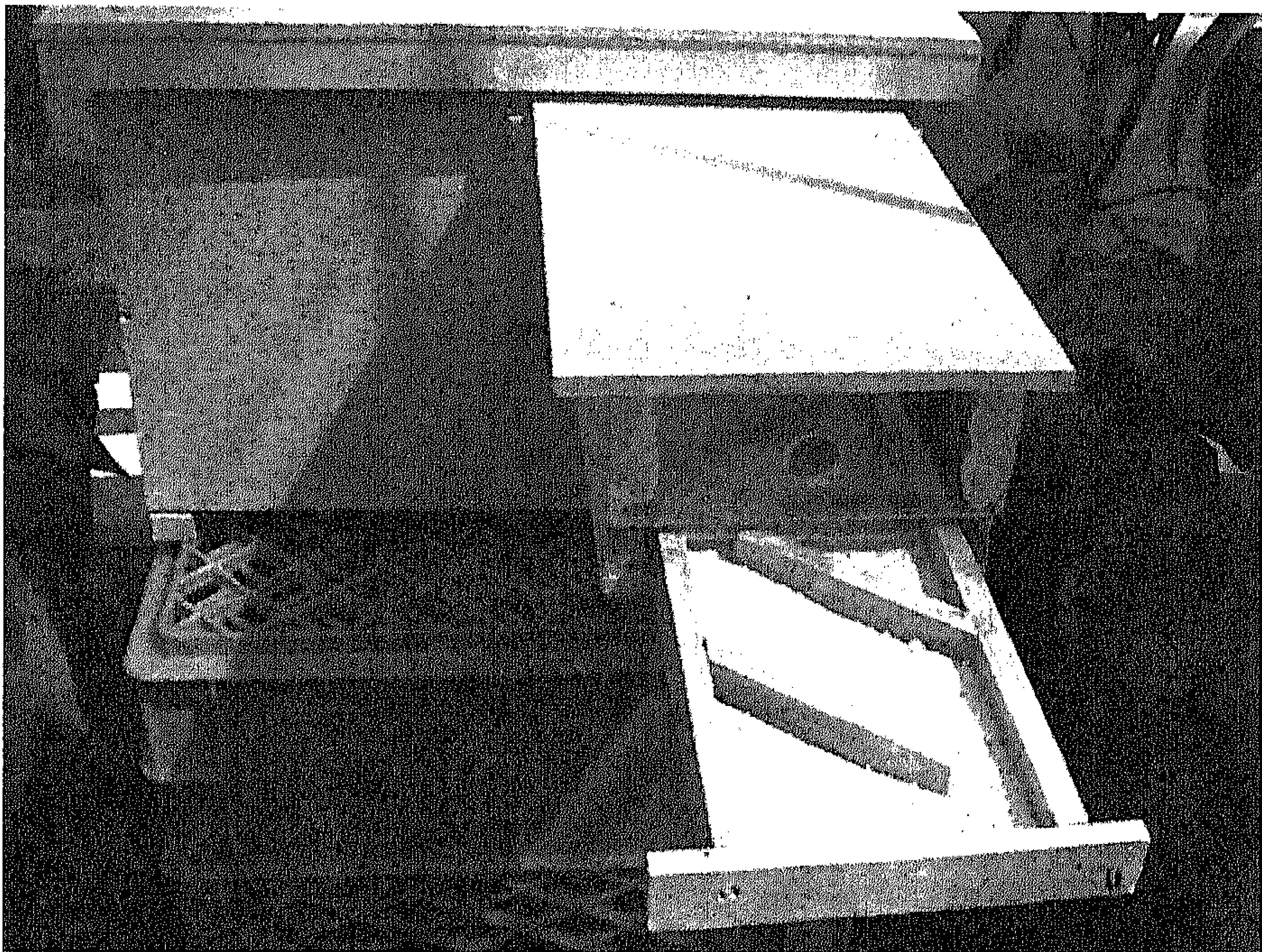
استخدم الباحثون العديد من التصاميم لموزع المادة الحيوية. الموزعات التي تُوجه الملقح أوالناقل إلى العدوى (العدو الحيوي) عند سروحه وتعزله عن العدوى عند عودته إلى الخلية تُقلل من الفاقد من العدوى. ويقلل هذا التصميم أيضاً من العدوى

التي يُمكن أن تدخل إلى خلية النحل. في جامعة Guelph تم تصميم موزع لتغبير نحل العسل بجراثيم الفطر (Peng et al., 1992) والذي يعتمد على تصميم كلية نوفا سكوتيا الزراعية لموزع حبوب اللقاح (Twonsend et al., 1958; Hatjina, 1988; and King and Burrel, 1933). وتم استخدام هذا الناشر من قبل العديد من الباحثين أيضاً (Butte et al., 1998 and Carreck et al. 2007) من بين آخرين. إن الموزع العلوي والسفلي الذي لدينا يقوم بإجبار النحلة على حمل الجراثيم قبل أن تخرج إلى خارج الخلية من فوق علبة جراثيم العدوى، وعند الرجوع إلى الخلية فإن النحلة تمر عبر الموزع من ممر خالٍ من الجراثيم. أما الموزع جانبي التصميم والذي تم استخدامه من قبل Van der Steen (2006) فإنه يوجه النحل لأحد الجانبين لكي يحمل الجراثيم عند الخروج، ولكن فتحة الدخول توجد على الجانب الآخر للجهاز حيث لا توجد جراثيم.

استخدم Thompson ورفاقه (1992) وكذلك Johnson ورفاقه (1993a و1993b) موزع أنتلز (Antles) لحبوب اللقاح الذي تم تطويره لتلقيح أشجار التفاحيات، ولكن بهذا الموزع يتطلب أن يمر النحل عبر علبة الجراثيم عند خروجه ودخوله. الموزع الذي تم تطويره من قبل Gross ورفاقه (1994) لنقل فيروس (NPHV) لمكافحة عثة أكواز الذرة (H. zea) على البرسيم القرمزي وقد حصل هذا الموزع على براءة اختراع. وقد تم استخدامها من قبل Deje ورفاقه (2004) لتوزيع البكتيريا (*Bacillus subtilis*). حديثاً قام Bilu ورفاقه (2004) بتقييم العديد من أنواع الموزعات على نحل العسل، وأوضحت النتائج أن موزعة جامعة Guelph كانت جيدة من حيث الأداء، ولكن موزعة ترايواكس (Triwaks) كانت الأفضل أداءً على الإطلاق في تغبير نحل العسل بجراثيم الترايكوديرما (*T. harzianum*).

تم تصميم وتطوير موزعة لخلايا النحل الطنّان بجامعة (Guelph) تدعى الموزعة ذات التصميم العلوي السفلي (شكل ٥,٥ ، Yu and Sutton, 1997). وبالإضافة إلى ذلك قام Maccagnani (2005) بمقارنة هذين الموزعين، الموزع الجانبي والموزع السفلي

العلوي، لنشر مضادات فطرية بواسطة النحل الطنّان، وقد وُجد بأن الموزعة العلوية السفلية هي الأكثر كفاءةً في نقل وسائل المكافحة الحيوية الفطرية. دراسات إضافية حول تصميم الموزعة للاستخدام مع كل من نحل العسل والنحل الطنّان ما زالت مطلوبة لتحديد الأمور العملية في كيفية وضع العدوى وفترة وجود العدوى بالخلية، معدل التصاق العدوى بالنحل وكذلك تأثير الموزعة على نشاطات وأعمال خلية النحل وخاصة بسبب تضّيق مدخل الخلية. الاحتمالية أيضا موجودة حول استخدام حشرات أخرى، تتضمن ملقحات أخرى لنقل ونشر وسائل المكافحة الحيوية ولكن محاولات قليلة تم إجراؤها.



الشكل (٥,٥). موّزع موضوع أمام فتحة خلية النحل الطنان مع طبق العدوى "مفتوح".

سلامة البيئة والإنسان

قد تم اعتماد بعض الأعداء الحيوية التي وجدت نافعة باستخدام هذه التقنية على أنها آمنة على صحة الإنسان وتم تسجيلها بواسطة الوكالات المتخصصة في بلدان متعددة لاستخدامها على المحاصيل. إن تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات ما هي إلا طريقة أخرى من طرق استخدام الأعداء الحيوية وتطبيقاتها. إلا أن تسجيل عوامل المكافحة الميكروبية عادة ما تكون معنية بشكلٍ خاص بالمحصول (العائل) وطريقة التطبيق. أعداء حيوية أخرى تحت التطوير سوف تتطلب تقييماً إضافياً لأثرها على سلامة الأنواع أو الكائنات غير المستهدفة بما فيها سلامة الناقل نفسه، وبما يتعلق بمتبقياتها في الغذاء الآدمي أو الحيواني قبل أن يتم تسجيلها. لذلك يتطلب الأمر تقييماً للمخاطر على الإنسان أو البيئة قبل الاستخدام الواسع للأعداء الحيوية بهذه الطريقة. إن المعاملة الوحيدة المسجلة والمعتمدة بهذه الطريقة "حسب علمنا" هي استخدام تركيبة تسمى باييناب (BINAB Bio-Inovation AB, Helsingborg, Sweden). ومركب البايناب مسجل لاستخدام فطر الترايكوديرما بواسطة النحل الطنّان لمكافحة العفن الرمادي على الفراولة وعلى محاصيل الخضار في البيوت البلاستيكية في بلدان أوروبية متعددة (Biobest B.V., 2006).

ولأن عدداً من الأعداء الحيوية المستخدمة بواسطة هذه الطريقة لها تأثير على طيفٍ واسع من العوائل المتوقعة يجب الأخذ بعين الاعتبار المخاطر على الأنواع غير المستهدفة. لبعض هذه الأعداء الحيوية مثل البكتيريا العصوية (Bt) والفيروس (NPHV)، من المحتمل أن تكون المخاطر صغيرة ومحدودة. للبعض الآخر فإن البيانات المتوفرة قليلة ولا تكفي لاعتبار تحسينات إضافية. يجب أن نتذكر أنه عندما يتعلق الأمر بالمحاصيل الحقلية، فإن الملقح الناقل ليس مقتصراً عادة على السروح على المحصول المعني فقط. وهوالموضوع ذاته الذي يواجه طرق الرش التقليدية حيث إن الأنواع غير المستهدفة تتعرض عادة للرش. يمكن أن يزعم الشخص أن استخدام هذه التقنية

لمكافحة الأمراض النباتية قد يكون لها تأثير محايد أو حتى مفيد على الأنواع غير المستهدفة من النباتات. ولكن عند استخدام تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات لمكافحة الآفات الحشرية ، فمن الواضح أن التأثير على الأنواع غير المستهدفة مثل الحشرات النافعة والحشرات ذات القيمة الجمالية خصوصاً الفراشات والعثث هو تأثير حقيقي ويجب أن يخضع للبحث. كما أن نقل المبيدات الجاميتية المتخصصة (micro-site specific gameticide) مثل المبيد العشبي جلوفوسينيت الذي يؤثر على عقد البذور في الأعشاب قد يكون مثبتاً بأنه يسبب بعض المشاكل للنباتات غير المستهدفة ذات فترة الحياة القصيرة والتي يتزامن إزهارها مع وجود النباتات العشبية المستهدفة.

المناقشة والخلاصة

إن تطوير تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات لمكافحة الآفات الحشرية والفطرية للمحاصيل المختلفة مثل نبات الكانولا ومحاصيل البيوت البلاستيكية مثل الفلفل الحلو تمنحنا الاستفادة من تقليل الكثافة العددية للآفة ، بالإضافة إلى تحسين نسبة التلقيح بالنباتات. فعلى سبيل المثال تلقيح نبات الكانولا بواسطة الحشرات يزيد من نوعية عقد الثمار ونسبة الإنبات (Kevan and Eisikowitch, 1990) وزيادة الإنتاجية (Langridge and Goodman, 1975) وتتطلبها عملية إنتاج البذور الهجينة. وبشكل مماثل فإن استخدام النحل الطنّان في تلقيح نباتات الفلفل الحلو تحت البيوت البلاستيكية يزيد من وزن الثمرة ، حجم الثمرة ، وزن البذرة ، وزيادة في نسبة الثمار الكبيرة والكبيرة جداً ، وكذلك تقليل الفترة اللازمة للحصاد (Shipp etal., 1994). يستطيع كل من نحل العسل والنحل الطنّان نقل وسائل المكافحة الحيوية المختلفة مثل (*C. rosea*, *T. harzianum*, *B. subtilis* and *P. fluorescens*) لمكافحة وتثبيط الأمراض التي تصيب النباتات وكذلك استخدام الأعداء الحيوية (*B. bassiana*, *M. anisopliae*, Bt, and NPHV) لمكافحة الآفات الحشرية التي تصيب المحاصيل والنباتات المحمية.

إن تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات هي حالة كسب مزدوج، لأن هذه التقنية لا تؤدي فقط إلى تقليل أثر الآفة وخفض استخدام المبيدات ولكن تؤدي أيضاً إلى تحسين عملية التلقيح في النباتات. وفي الأغلب فإن هذه التقنية آمنة على النحل، ولكن يجب القيام بالاختبارات المعملية ومراقبة الخلية خلال وبعد فترة التعرض للعدو الحيوي لضمان عدم وجود آثار سلبية على النحل. كما أن تطوير وتجهيز تراكيب مناسبة وأدوات توزيعها من الاعتبارات المحورية والهامة لنجاح هذه التقنية. إن تركيبة (مخلوط) عامل المكافحة الميكروبية الفعال في الحالة الجافة بالإضافة للمواد المخففة والحاملة يجب أن يتم تجهيزها بحرص لتعظيم عملية الانتشار وأيضاً معايير السلامة. المواد المجهزة بشكل جيد تبقى فعالة لفترة ممتدة في الحقل وذات تكلفة مناسبة. المحاولات مطلوبة لاختبار كل توليفة من الأعداء الحيوية وتركيبتها وتجهيزها ونوع الملقح المستخدم والمحصول المعني بالمكافحة وكذلك نوع الآفة المراد مكافحتها بهذه التقنية، بالإضافة إلى نوع الموزع الذي يمكن اعتباره الأكثر ملاءمةً. وبالطبع اعتبارات السلامة المتعلقة بغذاء الإنسان والحيوان يجب تضمينها وأخذها بعين الاعتبار عند تطوير وتسجيل أي عدو حيوي مستخدم بهذه الطريقة وأن يتم ربطها بأية مخاطر بيئية بما يتعلق بالأنواع غير المستهدفة.

تُعد تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات أسلوبا متعدد الاختصاصات لإدارة الآفات ويضم مختلف عناصر النظام البيئي كالملقحات، ووسائل المكافحة الميكروبية والآفات الحشرية في نظام إنتاج المحصول. ويحقق الفوائد من أداة جديدة، أقل خطورة لإدارة الآفات، استخدام أقل للكيماويات وتلقيح أفضل للمحصول، وكل ذلك يؤدي بالتالي إلى نوعية وإنتاجية أعلى للمحاصيل.

الشكر

نحن ممتنون جداً للدعم المتنوع من كل الداعمين للبحث الذي تم خلال سنين متواصلة: مجلس أونتاريو الاستشاري للمبيدات، حكومة ألبيرتا، مجلس أبحاث العلوم

الطبيعية والهندسة في كندا، اتحاد نحالي أونتاريو، المجلس الوطني للأبحاث بكندا، وزارة الزراعة بأونتاريو، شؤون الغذاء والتنمية الريفية، الزراعة واجريفود بكندا، واتحاد مزارعي البيوت المحمية بأونتاريو ولكل من ساهم بتطوير هذه التقنية والشكر الخاص لكل من (L. Tam, B. Broadbent, S. Khosla, M. adjaloo, and A. Morse).

وللسيد (A. Morse) الذي وظف مهارته لاعداد الشكل (٢,٥).

المراجع العلمية

Al-mazra'awi, M. S. (2004). Biological control of tarnished plant bug and western flower thrips by Beauveria bassiana vectored by bee pollinators. Unpublished doctoral dissertation, University of Guelph, Ontario, Canada.

Al-mazra'awi, M. S., Shipp, J. L., Broadbent, A. B., and Kevan, P. G. (2006a). Dissemination of Beauveria bassiana by honey bees (Hymenoptera: Apidae) for control of tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) on canola. Environmental Entomology, 35, 1569-1577.

Al-mazra'awi, M. S., Shipp, J. L., Broadbent, A. B., and Kevan, P. G. (2006b). Biological control of Lygus lineolaris (Hemiptera: Miridae) and Frankiniella occidentalis (Thysanoptera: Thripidae) by Bombus impatiens (Hymenoptera: Apidae) vectored Beauveria bassiana in greenhouse sweet pepper. Biological Control, 37, 89-97.

Antles, L. C. (1953). New methods in orchard pollination. American Bee Journal, 93, 102-103.

Batra, L. R. (1983). Monilinia vaccinii-corymbosi (Sclerotiniaceae): Its biology on blueberry and comparison with related species. Mycologia, 75, 131-152.

Bidochka, M. J., Miranpuri, G. S., and Khachatourians, G. G. (1993). Pathogenicity of Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin toward lygus bug (Hem., Miridae). Journal of Applied Entomology, 115, 313-317.

Bilu, A., Dag, A., Elad, Y., and Shafi r, S. (2004). Honey bee dispersal of biocontrol agents: An evaluation of dispensing devices. Biocontrol Science and Technology, 14, 607- 617.

Biobest B. V. (2006). Cooperation between Binab® Bio-Innovation Ab and Biobest N. V. for worldwide distribution of the Binab product range [Press release]. Retrieved August 2006 from http://207.5.17.151 /biobest/en/nieuws/binab1.htm.

Butt, T. M., Carreck, N. L., Ibrahim, L., and Williams, I. H. (1998). Honey-bee-mediated infection of pollen beetle (Meligethes aeneus Fab.) by the insect-pathogenic fungus, Metarhizium anisopliae. Biocontrol Science and Technology, 8, 533-538.

Carcamo, H. A., Otani, J., Gavloski, J., Dolinski, M., and Soroka, J. (2003). Abundance of Lygus spp. (Heteroptera: Miridae) in canola adjacent to forage and seed alfalfa. Journal of Entomological Society of British Columbia, 100, 55-63.

Carreck, N. L., Butt, T. M., Clark, S. J., Ibrahim, L., Isger, E. A., Pell, J. K., et al. (2007). Honey bees can disseminate a microbial control agent to more than one inflorescence pest of oil seed rape. Biocontrol Science and Technology. 17, 179-191.

Dedej, S., Delaplane, K. S., and Scherm, H. (2004). Effectiveness of honey bees in delivering the biocontrol agent Bacillus subtilis to blueberry fl owers to suppress mummy berry disease. Biological Control, 31, 422-427.

Eisikowitch, D., Lachance, M. A., Kevan, P. G., Willis, S., and Collins-Thompson, D. L. (1990). The effect of the natural assemblage of microorganisms and selected strains of the yeast Metschnikovia reukaufi in controlling the germination of pollen of the common milkweed Asclepias syriaca. Canadian Journal of Botany, 68, 1163-1165.

Escande, A. R., Laich, F. S., Cuenca, G., Baillez, O., and Pereyra, V. (1994). Dispersion de inoculo de Trichoderma spp. mediante abejas (Apis mellifera) para el control de la pudricion de capitulo del girasol (Sclerotinia sclerotiorum). Fitopatologia, 29, 35.

Escande, A. R., Laich, F. S., and Pedraza, M. V. (2002). Field testing of honeybee-dispersed Trichoderma spp. to manage sunflower head rot (Sclerotinia sclerotiorum). Plant Pathology, 51, 346 - 351. Honey Bees, Bumble Bees, and Biocontrol 77.

Forcella, F. (2006, February). Honeybees as novel herbicide delivery systems [Abstract]. In The Annual Meeting of the Weed Science Society of America, New York, New York (90 .(Retrieved April 2007 from http://ars.usda.gov/ SP2UserFiles/Place/36450000/Products.Reprints/2006/1319.pdf.

Gindin G., Barash, I., Raccah, B., Singer, S., Ben-Ze'ev, I. S., and Klein, M. (1996). The potential of some entomopathogenic fungi as biocontrol agents against the onion thrips, Thrips tabaci and the western flower thrips, Frankliniella occidentalis. Folia Entomologica Hungarica, 57(Suppl.), 37-42.

Goettel, M. S., and Jaronski, S. T. (1997). Safety and registration of microbial agents for control of grasshoppers and locust. Memoirs of the Entomological Society of Canada, 171, 83-99.

Gross, H. R., Hamm, J. J., and Carpenter, J. E. (1994). Design and application of a hive-mounted device that uses honeybees (Hymenoptera: Apidae) to disseminate Heliothis nuclear polyhedrosis virus. Environmental Entomology, 23, 492-501.

Hatjina, F. (1998). Hive-entrance fi ttings as a simple and cost-effective way to increase cross pollination by honey bees. Bee World, 79, 71-80.

Israel, M. S., and Boland, G. J. (1993). Infl uence of formulation on efficacy of honey bees to transmit biological controls for management of Sclerotinia stem rot of canola. Canadian Journal of Plant Pathology, 14, 244.

James, R. R., Hayes, G. W., and Leland, J. E. (2006). Field trials on the microbial control of Varroa with the fungus Metarhizium anisopliae. American Bee Journal, 146, 968-972.

Johnson, K. B., Stockwell, V. O., Burgett, D. M., Sugar, D., and Loper, J. E. (1993a). Dispersal of Erwinia amylovora and Pseudomonas fluorescens by

honeybees from hives to apple and pear blossoms. Phytopathology, 83, 478-484.

Johnson, K. B., Stockwell, V. O., McLaughlin, R. J., Sugar, D., Loper, J. E., and Roberts, R. G. (1993b). Effect of antagonistic bacteria on establishment of honey bee-dispersed Erwinia amylovora in pear blossoms and on fi re blight control. Phytopathology, 83, 995-1002.

Jyoti, J. L., and Brewer, G. J. (1999). Honey bees (Hymenoptera: Apidae) as vectors of Bacillus thuringiensis for control of banded sunflower moth (Lepidoptera: Tortricidae). Environmental Entomology, 28, 1172-1176.

Kanga, L. H. B., Jones, W. A., and James, R. R. (2003). Field trials using the fungal pathogen, Metarhizium anisopliae (Deuteromycetes: Hyphomycetes) to control the ectoparasitic mite, Varroa destructor (Acari: Varroidae) in honey bee, Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) colonies. Journal of Economic Entomology, 96, 1091-1099.

Kapongo, J. P., Shipp, L., Kevan, P., and Broadbent, B. (2005). Optimal concentration of Beauveria bassiana as vectored by bumblebees for pest control on sweet pepper. International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section 28: 143-146.

Karabulut, O. A., Smilanick, J. L., Mlikota Gabler, F., Mansour, M., and Droby, D. (2003). Near-harvest applications of Metschnikovia fructicola, ethanol, and sodium bicarbonate to control postharvest diseases of grape in central California. Plant Disease, 87, 1384-1389.

Kevan, P. G., Al-mazra'awi, M. S., Shipp, L., and Broadbent, B. (2004). Bee pollinators vector biological control agents against insect pests: Trials against tarnished plant bug and western flower thrips with the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana for field canola and greenhousepeppers. In Memorias 11 Congreso Internacional de Actualizacion Apicola 78 (114-117).

Kevan, P. G., Al-mazra'awi, M., Sutton, J. C., Tam, L., Boland, G., Broadbent, B., et al. (2003). Using pollinators to deliver biological control agents against crop pests. In R. A. Downer,

J. C. Mueninghoff, and G. C. Volgas (Eds.), Pesticide formulations and delivery systems: Meeting the challenges of the current crop protection industry (148-152). West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials International.

Kevan, P. G., Collins-Thompson, D. L., Eisikowitch, D., and Lachance, M. A. (1989a). Milkweeds, pollinators and yeasts: A system for potential biocontrol of milkweed seed production. Highlights of Agricultural Research in Ontario, 12, 21-24.

Kevan, P. G., and Eisikowitch, D. (1990). The effect of insect pollination on canola (Brassica napus L. cv. OAC Triton) seed germination. Euphytica, 45, 39-41.

Kevan, P. G., Eisikowitch, D., and Rathwell, B. (1989b). The role of nectar in the germination of pollen in Asclepias syriaca L. Botanical Gazette, 150, 266-270.

Kevan, P. G., Shipp, L., Kapongo, J. P., and Al-mazra'awi, M. S. (2005). Bee pollinators vector biological control agents against insect pests of horticultural plants. In M. Guerra Sanz,

A. Roldan Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), First short course on pollination of horticulture.

plants (77-95). Almeria, Spain: Consejeria de Inovacion, Ciencia y Impresa, La Mojonera.

Kevan, P. G., Sutton, J. C., Tam. L., Al-mazra'awi, M., Boland, G., Broadbent, B., et al. (2001). Bees as vectors for biological control agents. In Proceedings of the 7th International Conference on Tropical Bees: Management and diversity and the 5th Asian Apicultural Association conference (303-306). Cardiff, UK: International Bee Research Association.

King, G. E., and Burrel, A. B. (1933). An improved device to facilitate pollen distribution by bees. Proceedings of the American Society of Horticultural Science, 29, 156-159.

Kovach, J., Petzoldt, R., and Harman, G. E. (2000). Use of honeybees and bumble bees to disseminate Trichoderma harzianum 1295-22 to strawberries for Botrytis control. Biological Control, 18, 235-242.

Kurtzman, C. P., and Droby, S. (2001). Metschnikovia fructicola, a new ascosporic yeast with potential for biocontrol of postharvest fruit rots. Systematic and Applied Microbiology, 24, 395-399.

Langridge, D. F., and Goodman, R. D. (1975). A study on pollination of oilseed rape (Brassica campestris). Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 15, 285-288.

Maccagnani, B. (2005). Development of devices for the use of bumblebees and mason bees as disseminators of biocontrol agents, and evaluation of their carrying effi ciency. Paper presented at the DIARP workshop on the use of pollinators as disseminators of crop protection agent, September 11, 2005, Wageningen, Netherlands.

Maccagnani, B., Mocioni, M., Gullino, M. L., and Ladurner, E. (1999). Application of Trichoderma hartzianum by using Apis mellifera for the control of grey mold of strawberry: First results. IOBC Bulletin, 22,161-164.

Macfarlane, R. P. (1976). Fungi associated with Bombinae (Apidae: Hymenoptera) in North America. Mycopathologia, 59, 41-42.

Morgan, M. T., and Schoen, D. J. (1997). Selection on reproductive characters: Floral morphology in Asclepias syriaca. Heredity, 79, 433-441.

Morse, R. A., and Nowogrodzki, R. (Eds.). (1990). Honey bee pests, predators, and diseases. Ithaca, NY: Comstock Press.

Nuclo, R. L., Johnson, K. B., Stockwell, V. O., and Sugar, D. (1998). Secondary colonization of pear blossoms by two bacterial antagonists of the fi re blight pathogen. Plant Disease, 82, 661-668. Honey Bees, Bumble Bees, and Biocontrol 79.

Peng, G., Sutton, J. C., and Kevan, P. G. (1992). Effectiveness of honeybees for applying the biocontrol agent Gliocladium rosea to strawberry flowers to suppress Botrytis cinerea. Canadian Journal of Plant Pathology, 14, 117-129.

Pusey, P. L. (2002). Biological control agents for fire blight of apple compared under conditions limiting natural dispersal. Plant Disease, 86, 639-644.

Shaw, D. E. (1999). Bees and fungi, with special reference to certain plant pathogens. Australasian Plant Pathology, 28, 269-282.

Shipp, J. L., Whitfield, G. H., and Papadopoulos, A. P. (1994). Effectiveness of the bumble bee, Bombus impatiens Cr. (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator for greenhouse sweet pepper. Scientia Horticulturae, 57, 29-39.

Shipp, L., Kapongo, J. P., Kevan, P., Sutton, J., and Broadbent, B. (2006). Bumble bees: An effective delivery system for microbial control agents for arthropod pest and disease management.

International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section 29, 47-51.

Sutton, J. C., Li, D. W., Peng, G., Yu, H., Zhang, P., and Valdebenito-Sanhueza, R. M. (1996). Gliocladium rosea: A versatile adversary of Botrytis cinerea in crops. Plant Disease, 81, 316-326. Svedelius, G. (2000). Humlor som barare av biologisk control av svampsjukdomen svartprickrota gurkfrukter. Vaxtskyddsnotiser, 64, 48-50.

Thomson, S. V., Hansen, D. R., Flint, K. M., and Vandenberg, J. D. (1992). Dissemination of bacteria antagonistic to Erwinia amylovora by honey bees. Plant Disease, 76, 1052-1056.

Townsend, G. F., Riddle, R. T., and Smith, M. V. (1958). The use of pollen inserts for tree fruit pollination. Canadian Journal of Plant Sciences, 38, 39-44.

van der Steen, J. J. M., Donders, J., and Blacquiere, J. (2006). The use of honeybees as disseminators of Ulocladium atrum against grey mold in strawberries. Retrieved June 2006 from http:// documents.plant.wur.nl/ppo/bijen/antagonisten.pdf.

van der Steen, J. J. M., Langarak, C. J., van Togeren, C. A. M., and Dik, A. J. (2004). Aspects of the use of honeybees and bumblebees as vectors of antagonistic micro-organisms in plant disease control. Proceedings of the Netherlands Entomological Society, 15, 41-46.

Vandenberg, J. D. (1990). Safety of four entomopathogenic fungi for caged adult honeybees (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economic Entomology, 83, 755-759.

Vandenberg, J. D., and Shimanuki, H. (1986). Two commercial preparations of the beta exotoxin of Bacillus thuringiensis influence the mortality of caged adult honeybees (Apis mellifer: Hymenoptera: Apidae). Environmental Entomology, 15, 166-169.

Wodehouse, R. P. (1959). Pollen grains: Their structure, identifi cation, and significance in science and medicine. New York: Hafner.

Woronin, M. (1888). Uber die Sclerotienkrankheit der Vaccinieen-Beeren. Mémoires de l' Academie Imperiale des Sciences de St.-Pétersbourg (VIIe Série), 36, 1-49.

Yu, H., and Sutton, J. C. (1997). Effectiveness of bumblebees and honeybees for delivering inoculums of Gliocladium roseum to raspberry fl owers to control Botrytis cinerea. Biological Control, 10, 113-122.

الباب الثاني

إدارة النحل البري

● الفسيولوجية البيئية لدورة حياة النحل البنّاء (*Osmia*) المستخدم في تلقيح النباتات ● الإدارة الحالية والقديمة لنحل أوراق نبات البرسيم ● مشكلة الأمراض عند تربية النحل البري

الفصل السادس

الفسيولوجية البيئية لدورة حياة النحل البنّاء *(Osmia)* المستخدم في تلقيح النباتات

Jordi Bosch, Fabio Sgolastra and William P. Kemp

مقدمة

إن النظام البيئي المزروع بنباتاتٍ تعتمدُ على الحشراتِ في تلقيحها، يخلق حالةً من الحاجة المُلحة للملقحات في فترة إزهار قصيرة للنباتات، ويعد هذا الأمر واقعيا خاصة في المناطق التي تعتمدُ على الزراعات الأحادية بشكلٍ كثيف، حيث لا يوجد بشكل متكرر أنواع مزهرة بديلة قبل إزهار المحصول الرئيس أو بعد انتهاء فترة إزهاره وسقوط البتلات. ويوجد حالة بيئية أخرى في هذه المناطق مثل تدمير أماكن بناء الأعشاش الطبيعية وكذلك استخدام مبيدات الآفات ومبيدات الأعشاب التي تعمل على زوال واضمحلال أعداد الملقحات البرية. وحيث إن الإجراءات للحفاظ على هذه الأعداد وتشجيعها (انظر الفصل الثاني: هذا الكتاب) صعبة التطبيق، أصبح من المهم إدخال أعداد من النحل المربى. وهذه الحاجة شجعت البحث عن أنواع الملقحات المناسبة للمحاصيل المختلفة والبيئات الزراعية المختلفة (الحقل المفتوح، البيوت البلاستيكية والبيوت المغطاة بالشاش). وقد أدى بعض هذه الجهود إلى تطوير نظم حيوية لإدارة الملقح.

تصف إدارة الملقح مدىً من الحالات والتطبيقات التي تتعلق بالملقح. بهذا الشكل البسيط، تتكون إدارة الملقح من مجموعة من الإجراءات لتوفير أماكن تعشيش آمنة وكافية وكذلك توفير ظروف السروح الآمنة والكافية (مثل توفير ركائز للتعشيش، إزهار مستمر وبيئة خالية من المبيدات) لتعزيز مجتمات النحل الموجودة بتلك المنطقة. هذا التوجه كان ناجحاً في إدارة مجتمعات نحلية لنوعين من النحل الذي يبني أعشاشه في التربة (Halcitid bees) وهي نحل النوميا (*Nomia melanderi*) في الولايات المتحدة الأمريكية ونحلة البرسيم رمادية الشعر (*Rhophitoides canus*) في أوروبا الشرقية (Bohart, 1958; Stephen, 1960; Johansen, Mayer, Stanford and Kious, 1982 and Ptacek, 1989). على المستوى الثاني من التداخل والترابط، تنطبق إدارة الملقحات أيضاً على الحالات التي يتم فيها تربية الملقح على المحصول المعني وبعد ذلك تخزينها في غرف التربية تحت ظروف متحكم بها بشكلٍ جيد لتقليل نسبة النفوق و/أو لتغير شكل الملقح (مثل معدل التطور، عدد الأجيال وزمن الخروج). ويمكن تحقيق ذلك بتوفير درجة حرارة مناسبة للتطور والتشتية، وتزويد مصادر الغذاء، وتقليل حالات التطفل والافتراس. نحل العسل (*Apis mellifera* Apidae) (Crane, 1991 and Free 1993) النحل القاطع لأوراق البرسيم (*Megachile rotundata*, Megachilidae) (انظر أيضاً في الفصل الثامن من هذا الكتاب Bohart, 1962; Stephen, 1962; Hobbs, 1973 and Richard, 1984) وكذلك النحل البنّاء (*Osmia* spp., Mecgachilidae) (Yamada, Oyama, Sekita, Shirasaki, and Tsugawa, 1971; Maeta and Kitamura, 1974; Bosch and Kemp, 2001; Torchio, 2003 and Krunic and Stanisavljevic, 2006) عادةً ما يتم معاملتها بهذه الطريقة. مستوًى ثالث من الإدارة ينطبق على بعض الأنواع مثل النحل الطنّان (*Bombus spp.*, Apidae) والتي يتم تربيتها بالمختبر بظروف اصطناعية كاملة وبعد ذلك يتم إحضارها إلى المحصول المقصود (Van Heemert, de Ruijter, van den Eijnde and van der Steen, 1990; Asada and Ono, 2002 and Velthuis and van Doorn, 2006).

على الرغم من القيمة الاقتصادية لتلقيح المحاصيل (Southwick and Southwick, 1992) وبالرغم من إسهام العديد من أنواع النحل البري في عملية تلقيح المحاصيل إسهاماً لا يمكن إغفاله (انظر إلى الفصل الثاني : هذا الكتاب)، إلا أن عدداً قليلاً فقط لا يتجاوز أصابع اليد من الأنواع تم تطويره وإدخاله ضمن إدارة ملقحات المحاصيل. وغالباً ما أكدت الدراسات قدرة الملقحات المحتملة على كفاءة التلقيح. ولكن مهما كانت مساهمة التلقيح من ملقح ذي كفاءة عالية تبقى هذه المساهمة نظرية وغير محققة ما لم يُتّبع نظام إدارة فعال (على أي مستوى من المستويات الثلاث المذكورة آنفاً) وتوفير الكثافة العددية المناسبة من الملقح بشكلٍ مضمون. إن هَدفنا في هذا الفصل أن نلفت الانتباه لأهمية تطوير طرق تربية مناسبة وكافية أو تحسين أداء ملقح موجود أصلاً. في رأينا العديد من الملقحات الفعالة بقيت ملقحات محتملة بسب نقص الدراسات الأساسية حول بيولوجية تطورها ووضع طرق التربية الحديثة والمناسبة لها. ويتماشى ذلك وبشكل متلازم مع الحشرات المستخدمة كأعداء حيوية للآفات الزراعية. والاستخدام المكثف لهذه الأعداء الحيوية أتاح الفرصة للفهم الرصين للفسيولوجية البيئية لدورة حياتها. (e.g. Wajnberg and Hassan, 1994 and Hodek and Honek, 1996).

في هذا الفصل سنراجع بدايةً المعرفة الحالية حول بيولوجية التطور لملقحات محاصيل النحل البنّاء *Osmia*. ثم نناقش كيف أسهمت هذه المعرفة واستمرت في الإسهام بوضعها ونشوئها كملقحات تحت الإدارة. وراجعنا بشكلٍ مكثف الممارسات الحالية المستخدمة لإدارة مجتمعات هذه الأنواع، كما أننا نناقش كيف يمكن أن تؤثر هذه الممارسات على تطور النحلة، وحيويتها واستمرارها بالحياة. وفي نهاية هذا الفصل أجرينا مقارنةً مع النحل القاطع لأوراق البرسيم (*Megachile rotundata*) أحد الأنواع الذي يُستخدم بشكلٍ واسع لتلقيح نبات البرسيم (انظر فصل ٧). وعلى الرغم من أن النحل البنّاء *Osmia* والنحل قاطع الأوراق *Megachile* تشترك من ناحية التطور بشكل كبير وتتشابه سلوكياً بالعديد من الصفات إلا أن دورة حياتهما تختلف اختلافاً

واضحاً. وهذه المقارنة بين الجنسين مهمة للتأكيد على أن فسيولوجية التطور هي عامل أساسي في وضع طرق إدارة وتربية الأعداء الحيوية المناسبة.

النحل البنّاء

يتكون جنس النحل البنّاء (*Osmia*) من أكثر من ٣٠٠ نوع معظمها في القسم الشمالي من الكرة الأرضية (Michener, 2000). معظم هذه الأنواع تعشش في تجاويف موجودة أصلاً في الطبيعة، وتعمل الإناث على تكوين سلسلة من الخلايا مفصولة عن بعضها البعض بواسطة الطين أو أوراق النباتات الممضوغة. النحل البنّاء (*Osmia*) بشكل عام وبخاصة الأنواع المنتمية لتحت الجنس (*Osmia osmia*) تبدأ بالطيران مبكراً جداً خلال العام، وبسبب ذلك فإن أنواعاً عديدة لهذا الجنس تم تربيتها في مناطق مختلفة من العالم لتلقيح المحاصيل التي تُزهر بالربيع. النحل البنّاء الياباني ذو الوجه القرني (*Osmia cornifrons*) تم تطويره كملقح للبساتين في اليابان في الستينيات من القرن الماضي ويستخدم الآن في أكثر من ٧٠٪ من المساحات المزروعة بالتفاحيات داخل اليابان (Yamada et al., 1971; Maeta and Kitamura, 1974 and Maeta, 1990). حديثاً، تم استخدام هذا النوع في الصين وكوريا (Xu, Yang and Kwon, 1995). في نهاية السبعينيات وبداية الثمانينيات تم إدخال مجموعات النحل البنّاء من نوع (*Osmia cornifrons*) إلى المناطق الشرقية للولايات المتحدة الأمريكية، وهناك تم تأسيس هذا النوع كملقح للمحاصيل البستانية (Barta, 1979, 1998). وتم أيضاً اختبار هذا النوع (*Osmia cornifrons*) على التوت الأزرق، العديد من محاصيل البيوت البلاستيكية (منها الفراولة، البطيخ والشمام) وتم اختباره على نباتات داخل الأقفاص منها محاصيل البقوليات والخردل (Meata, 1974; Maeta, Okamura and Ueda, 1990; Abel, Wilson and Luhman, 2003 and Maeta, Nakanishi, Fujii and Kitamura, 2006). وهناك نوع آخر مشابه جداً له من أمريكا الشمالية: نحل البساتين البنّاء ("*Osmia lignaria*" sister species) تم استخدامه أيضاً في أمريكا الشمالية لتلقيح المحاصيل البستانية واستخدامه تجارياً في تلقيح المحاصيل البستانية

في زيادةٍ مستمرة (Torchio, 1976, 1985, 2003; Bosh and Kemp, 2001, 2002 and Bosch, Kemp and Trostle, 2006). إضافة لذلك تم تجربة نحل البساتين البنّاء (*Osmia lignaria*) على التوت الأزرق في كندا وعلى العائلة الصليبية في أقفاص التجارب في الولايات المتحدة الأمريكية (Dogterom, 1999 and Abel et al., 2003). في أوروبا: نوع ثالث، النحل البنّاء الإسباني ذو الوجه القرني (*Osmia cornuta*) تم تطويره أيضاً كملقح للمحاصيل البستانية (Asensio, 1984; Bosch 1994a; Vicens and Bosch, 2000; Monzon, Bosch and Retana, 2004 and Krunic and Stanisavljevic, 2006). كما تم استخدام هذا النوع (*Osmia cornuta*) بنجاح في إنتاج البذور الهجينة للعائلة الصليبية (Ladurner, Santi, Maccagnani and Maini, 2002).

أنواع أخرى من النحل البنّاء (Osmia) تم اختبارها على مستويات مختلفة وعادةً بنتائج ناجحة وجيدة. ويتضمن ذلك *Osmia osmia rifa* على أشجار الفاكهة ولإنتاج البذور الهجينة لنباتات الخردل تحت الأقفاص (Holm, 1973; Roth, 1990; van der Steen and de Ruijter, 1990; O'Toole, 2002 and Stefan-Dewenter, 2003)، وتم استخدام نحل عنب الدب الأزرق البنّاء *O.* (*Osmia*) *ribifloris* وكذلك *O.* (*Melanosomia*) *attriventris* لتلقيح التوت الأزرق (Drummond and Stubbs, 1997 and Torchio, 1990) وكذلك النوع *O.* (*Osmia*) *excavate* لتلقيح التفاح (Wei, Wang, Smirle and Zu, 2002) ونوع النحل البنّاء *O.* (*Helicosmia*) *caerulescens* والنوع *O.* (*Melanosomia*) *sanrafaelae* على محصول البرسيم (Tasei. 1972; Parker, 1981 and 1989) وكذلك النوع *O.* (*Melanosomia*) *agalia* على التوت البري والتوت الأسود (Cane, 2005).

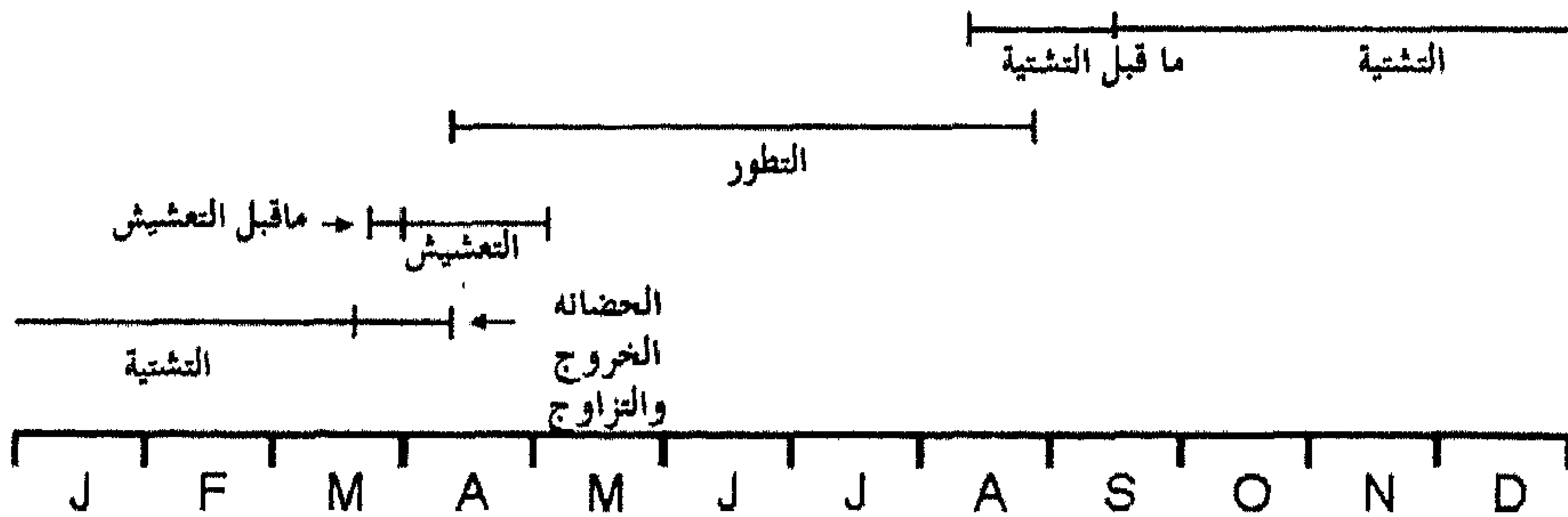
دورة حياة النحل البنّاء
Osmia

يبدأ نوعا النحل اللذان تم ذكرهما سابقاً (*Osmia* (*Osmia*و *O. melanosomia* بالطيران مبكراً جداً خلال العام ولمدة جيلٍ واحدٍ فقط سنوياً ويقضي فترة الشتاء

كحشرةٍ كاملةٍ داخل شرنقة. والأطوار التي تقضي الشتاء بطور العذارى أو طور ما قبل العذراى فإنها تكون غير نشطة (Bosch, 1994a; Bosch and Kemp, 2000 and Bosch et al., 2006). ولكن، قد تمت تشتية نحل عنب الدب الأزرق البنّاء *O. ribifloris* بنجاح تحت الظروف الاصطناعية لطور ما قبل العذراء في غرف التربية (J.H. Cane, personal communication). يقضي النحل البنّاء من نوع *Osmia* (*Helcosmia*) *caerulescens* الشتاء في طور الحشرة الكاملة، وقد وجد أن له جيلين خلال العام أو على الأقل جيلين متداخلين مع القدرة على التزاوج بينها في مدى انتشاره (Krombein, 1967; Tase'I, 1972; Vicens, bosch and Blas, 1993 and Westrich, 1989). يتضح أن التشتية بطور الحشرة الكاملة إنما هي صفةٌ ناشئةٌ ومتطورة بين أفراد العائلة (Megachilidae). معظم أفراد هذه العائلة بما فيها تحت العائلة (Lithurginae) والتي تعتبر منشأً واصلاً لهذه العائلة، تبدأ التشتية بطور ما قبل العذراء ولكنها تطير لاحقاً خلال السنة (Bosch, Maeta and Rust, 2001). الأنواع التي تبدأ الطيران بالربيع من أجناسٍ أخرى مثل (*Anthophora* and *Colletes*) أيضا تقضي الشتاء في طور الحشرة الكاملة على العكس من الأنواع التي تطير في الصيف والتي تنتمي لنفس الأجناس ولكنها تقضي الشتاء في طور ما قبل العذراء (Westrich, 1989). فالتشتية في طور الحشرة الكاملة تتصاحب مع طيران مبكر خلال العام. إن العديد من الأنواع التابعة لتحت الجنس (*Helicosmia*) وكذلك لتحت الجنس (*Osmia*) لها جيلان متداخلان بالعام (Bosch et al., 2001 and Torchio and Tepedino, 1982). وهذا يعني أن بعض أفراد مجتمع هذه الحشرة يُكمل دورة حياته خلال عام واحد والبعض الآخر (يحتاج إلى عامين لإكمال دورة الحياة). في أنواع النحل البنّاء (*Osmia*) ذات الجيلين المتداخلين خلال العام فإن الأفراد التي تُكمل دورة حياتها بفترة عام واحد تقضي فترة الشتاء في طور الحشرة الكاملة، أما الأفراد التي تُكمل دورة حياتها في عامين فإنها تقضي فترة الشتاء في العام الأول في طور ما قبل العذراء وفي العام الثاني في طور الحشرة الكاملة. إن الحالة التي يتم فيها إكمال

دورة الحياة بعامين تعتمد بشكلٍ كبير على الحرارة، حيث يزيد حدوث هذه الحالة مع الارتفاع في درجات الحرارة (Bosch, Kemp and Sgolastra)، بحث غير منشور.

إن التركيز في هذا الفصل على الأنواع الثلاثة (*O. cornifrons, O. lignaria* and *O. cornuta*) ذات التطور الأكثر وضوحاً بين أنواع هذا الجنس والتي تم تطوير وسائل إدارتها أيضاً. وحسب معرفتنا فإن جميع مجتمعات هذه الأنواع تُكمل دورة حياتها خلال عام واحد بدون استثناءات. ودورة حياة هذه الأنواع يمكن أن تَنْقَسم إلى سِتْ مراحل زمنية كما هو موضح بالشكل (٦,١):



الشكل (٦,١). دورة حياة والتطور المظهري لمجتمعات النحل البنّاء، الأحرف ترمز لبداية أسماء الأشهر الميلادية.

١- الخروج والتزاوج: الحشرات الكاملة التي قَضت الشتاء تتعرض للحرارة الدافئة (حضانة الربيع) ثم الخروج من الشرنقة ومغادرة العش ومن ثم التزاوج.

٢- ما قبل بناء العش: ويتم خلال هذه الفترة القصيرة نضوج مبايض الإناث قبل البدء بالتعشيش.

٣- بناء العش: تبدأ الإناث ببناء الأعشاش ووضع البيض بخلايا مجهزة مسبقاً.

٤- التطور: تتطور البيوض إلى حشراتٍ كاملة من خلال خمسة أطوار يرقيّة تسبق طور ما قبل العذراء الساكن وطور العذراء.

٥- ما قبل التشتية: الحشرات الكاملة التي تم إغلاق شرانقها حديثاً تبقى متعرضة لدرجات الحرارة الدافئة في نهاية الصيف وبداية الخريف.

٦- التشتية: الحشرات الكاملة المتشرنقة تتعرض لدرجات الحرارة الباردة.

وهناك اختلافات شكلية مهمة بين المجتمعات المختلفة للنّوع الواحد. ففي المناطق الأكثر دفئاً تبدأ الحشرات الكاملة بالطيران وبناء الأعشاش بوقت مبكرٍ، كشهر شباط "فبراير"، مقارنةً مع شهر نيسان "أبريل" وأيار "مايو" في المناطق الأبرد. ونحن نستخدم مصطلع مُبَكري الطيران لوصف المجتمعات التي تبدأ بناء الأعشاش في شهر شباط "فبراير" أو آذار "مارس" ومتأخري الطيران لوصف المجتمعات التي تبني الأعشاش في نيسان "أبريل" وأيار "مايو".

الخروج والتزاوج

على الرغم من أن فترات خروج الذكور والإناث تتداخل إلا أن الذكور تخرج بفترة يومين إلى أربعة أيام قبل خروج الإناث. يمكن رؤية الذكور التي خرجت تطير حول أماكن تعشيش الإناث وتتجمع حول مداخل الأعشاش التي ستخرج منها الإناث اليافعة. وهذا السلوك ناتج عن قصر عمر الهرمون الجنسي الذي يُفرز من الإناث اليافعة (Roesner, 1994). ويتم التزاوج عادة عند خروج الأنثى من العش الذي خرجت منه. وتَجَمُّع الذكور بكثرة فوق الإناث يعتبر منظراً يمكن مشاهدته بكثرة عند فتحات الأعشاش بالأيام المشمسة خلال فترة الخروج. ومع ذلك قد يحصل التزاوج أيضا على الأزهار القريبة.

إن توقيت خروج الأفراد يعتمد بشكلٍ كبير على فترة الشتاء وعلى الحرارة الحاضنة بالربيع. مع استثناءاتٍ معدودة فإن الأفراد التي لم تدخل بفترة تشتية أو قضت فترة قصيرة جداً بالتشتية فإنها لا تخرج من الشرنقة (انظر الجزء القادم حول التشتية) بغض النظر عن ظروف الحضانة. على الجهة الأخرى فإن المجموعات التي تعرضت إلى

فترة تشتية طويلة أو تشتية بدرجات حرارة معتدلة، يخرج بعض الأفراد ومعظمها من الذكور بدرجات حرارة الشتاء بمعنى آخر بدون فترة حضانة (Bosch and Blas, 1994; Monzon, 1998 and Bosch and kemp, 2003,2004) في كل من نوعي النحل البنّاء *O. lignaria* و*O. cornifron*، يقصر معدل وقت الخروج مع زيادة درجات الحرارة الحاضنة من ١٥°م إلى ٣٠°م (Bosch and Kemp, 2001 and Meata et al., 2006). ولكن الاستمرار بالحياة للنحل البنّاء من نوع *O. lignaria* أقل نوعاً ما عند درجات ١٥°م و٣٠°م منه عند ٢٠°م و ٢٥°م. والعتبة الحرارية لخروج الذكور أقل بكثير منها للإناث. في مجتمعات النحل البنّاء *O. lignaria* متأخرةِ الطيران والمتواجدة ضمن ظروف الحرارة الخارجية فإن خروج الذكور من الشرانق يستمر على درجات حرارة بين ١٢°م -١٥°م بينما خروج الإناث على هذه الدرجات يكون بطيئاً جداً حتى ترتفع الحرارة إلى ٢٠°م (Bosch and Kemp, 2001). هذه الفروقات بين الذكور والإناث مهمة عند إعداد طرق وأساليب التحضين. ولأن الإناث هن من يقمن بمعظم عمليات التلقيح فإن أي نموذج يهدف إلى التنبؤ بفترات الخروج وتنظيم تزامن ذروة نشاط النحل مع ذروة إزهار البساتين يجب أن يستند إلى الاحتياجات الحرارية للإناث.

ما قبل التعشيش

مباشرة بعد التزاوج نادراً ما يتم مشاهدة الإناث قرب الأعشاش ولكن يمكن مشاهدتها راجعةً إلى الأعشاش بعد عدة أيامٍ من التزاوج، إن البويضات في النحل البنّاء لا تكون ناضجة عند خروج الأنثى من العش للتزاوج ولكنها تنضج بشكل كامل خلال مرحلة ما قبل التعشيش (Monzron, 1998 and Sgolastra, 2007). فترة ما قبل التعشيش تتراوح بين ٢-٥ أيام ولكنها قد تزيد في الظروف الجوية الغير مناسبة (Meata, 1978; Bosch and Kemp, 2001 and Bosch and Vicens, 2006). ويجب الأخذ بعين الاعتبار فترات ما قبل التعشيش لتحديد برنامج زمني لتحضين المجتمعات التي يتم إدارتها.

خلال فترة ما قبل التحضين تتخذ الإناث من الشقوق في الجدران أوجذوع الأشجار ملجأً لها بالليل وأحيانا توجد بشكل مجموعات تحتوي على عددٍ كبير من الذكور. مع مرور الوقت يمكن مشاهدة الإناث تحوم حول الأعشاش وتدخل جحر الأعشاش المناسبة. في مواقع التعشيش الاصطناعية بوجود عدد كبير من حُجر التعشيش فإن عملية اختيار العش قد تستغرق عدة ساعات تقوم الأنثى خلالها من تفحص عدد من الأعشاش المتلاصقة بشكلٍ متكرر. هذا السلوك يتخلله رحلات جمع رحيق قصيرة الأمد، وتُحَدد الأنثى زياراتها لحجرةٍ محددةٍ. الطيران الالتفافي بانحرافات ذات مساحة واسعة أمام منطقة الأعشاش عادة ما يُعتبر مؤشراً لاختيار العش ويتبع البدء ببناء حجرة العش.

التعشيش

بعد اختيار الحجرة التي سيتم بها التعشيش تبدأ الإناث بجمع مواد لبناء العش (الطين بالنسبة للأنواع *O. lingaria, O cornifrons* and *O. cornuta*) لبناء فواصل قاعدية وأيضا تقوم بجمع حبوب اللقاح والرحيق للبدء بإنتاج ورعاية الصغار. بيانات مفصلة حول سلوك التعشيش تمت دراسته من قبل العديد من الباحثين مثل Bosch و Kemp (2001) وBosch (1994b) وTorchio (1989) و Maeta (1978). تتكون الأعشاش عادة من سلسلة من العيون أو الخلايا مفصولةً عن بعضها البعض بفواصلَ من الطين وتحتوي كل خلية على قطعةٍ من حبوب اللقاح المخلوطة بالعسل والتي يتم وضع البيضة فوقها. العش الذي اكتمل بناؤه يتم إغلاق بوابته بغلاف طيني سميك. الإناث تبقى نشيطة لفترة تتراوح بين ٢٠-٢٥ يوماً وتقوم ببناء ٠,٥-١,٥ خلية في اليوم الواحد تحت ظروف الحقل الطبيعية (Meata, 1978; Trochio 1989; Bosch and Vicens, 2005, 2006 and Bosch 2008).

في بيئة البساتين تستطيع الأنثى الواحدة بناء بين ٨-١٢ خلية منها حوالي ٢,٥ -٥ خلايا تحوي حضنة إناث (انظر Bosch and Kemp, 2002; Meata, 1978 and Bosch and Vicens 2006). إنتاج حضنة الإناث يقل مع مرور الوقت خلال فترة التعشيش

والإناث كبيرة السن تضع بيوضاً ذكريةً بشكل كامل في غالب الأحيان (Tepedino and Torchio, 1982; Sugiura and Meata, 1989 and Bosch and Vicesn ,2005)

البيضة والتطور اليرقي

تحت ظروف الحقل يحتاج بيض النحل البنّاء (Osmia) إلى فترة إسبوع ليفقس (Torchio, 1989) وتتطور اليرقة من خلال خمسة أطوار يرقية (Bosch and Kem, 2000) وتحتاج تقريباً إلى شهرٍ كامل في ظروف الحقل لإكمال تطورها (Bosch and Kem, 2000). قُدرت العتبة الحرارية لتطور البيضة واليرقة بحوالي ١٠-١٤°م للبيضة و ٧-١٤°م لليرقة (Meata, 1978; Meata et al., 2006 and Sgolastra, 2007). يزيد معدل تطور البيضة واليرقة في النحل البنّاء من نوع *O. lignaria* and *O. cornifrons* مع زيادة درجة الحرارة من ١٨-٢٦°م ثم يستقر معدل التطور على درجة بين ٢٩-٣٠°م (Bosch and Kem, 2000 and Meata et al., 2006). بعد استهلاك مخلوط الرحيق وحبوب اللقاح وإكمال عملية الإخراج تبدأ يرقة الطور الخامس بنسج الشرنقة والتي تتكون من عدة طبقات من مواد تفرزها الغدد اللعابية (Trochio, 1989) ويستغرق نسج الشرنقة حوالي ٤-٨ أيام على درجة حرارة بين ٢٢-٢٦°م (Bosch and Kem, 2000 and Meata et al., 2006). عند التعرض لنفس درجات الحرارة فإن المجموعات التي تبدأ الطيران مبكراً في شباط "فبراير" أو آذار "مارس" فإنها تتطور بشكل أبطأ من المجموعات متأخرة الطيران. على سبيل المثال في درجة حرارة ٢٦°م فإن المجموعات مبكرة الطيران من نوع *O. lignaria* تحتاج إلى ٢٦ يوماً، بينما تحتاج المجموعات متأخرة الطيران " نيسان- أبريل" إلى ٢٠ يوماً فقط (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra, 2007).

سكون طور ما قبل العذراء

اليرقة المتشرنقة (طور ما قبل العذراء) تدخل حالة السبات (Trochio, 1989) بالتزامن تقريبا مع بداية الصيف (Bosch and Kemp, 2000). معدلات إنتاج غاز ثاني

أُكسيد الكربون (مقاسة على درجة حرارة ٢٢°م) تقل من حوالي ٠,٩ مل/جم.ساعة في اليرقات خلال فترة التغذية إلى حوالي ٠,١٤ مل/جم.ساعة عند الانتهاء من بناء الشرنقة وإلى حوالي ٠,٠٤-٠,٠٩ خلال ٧ أيام من اكتمال بناء الشرنقة (Kemp, Bosch and Dennis, 2004 and Bosch anc Kemp, unpublished). مع انخفاض معدلات التنفس يصبح طور ما قبل العذراء مترهلاً بشكلٍ تدريجي بالتزامن مع أدنى نقطة تنفس. ثم قُبيل نهاية فترة طور ما قبل العذراء تمتلىء مرة أخرى وتشتد مع زيادة معدلات التنفس لمستوى يتراوح بين ٠,١٤- ٠,١٨مل/جم.ساعة. في نهاية المطاف عندما يبدأ طور ما قبل العذراء بالتعذر فإن الانثنائات والتقسيمات التي تفصل الرأس والصدر والبطن تصبح ظاهرة (Kemp et al. 2004). إذا لم يتعرض طور ما قبل العذراء لدرجات الحرارة المناسبة (انظر لاحقاً في هذا الفصل) قد تَبقى حشرة النحل البنّاء (*Osmia*) في طور ما قبل العذراء لعدة أشهر أو حتى سنوات دون أن تموت (Bosch, 1994a; Bosch and Kemp, 2000; Maeta et al.2006 and Sgolastra, 2007). فقدان وزن الجسم خلال فترة طور ما قبل العذراء يساوي تقريبا ٠,٠٨ ملجم/يوم فقط مقارنةً مع ٠,٣-٠,٧ ملجم/يوم خلال فترة العذراء (Bosch and Vicens, 2002 and Kemp et al. 2004). هذه النتائج جنباً إلى جنب مع المتطلبات الحرارية لتطور طور ما قبل العذراء (انظر لاحقاً في هذا الفصل) تُبين بأن سكون طور ما قبل العذراء في النحل البنّاء (*Osmia*) يتم من خلال البيات الشتوي (عنTauber, Tauber and Masaki, 1998). بالمقارنة، فإن معدلات التنفس في طور ما قبل العذراء للنحل قاطع أوراق البرسيم *M. rotundata* خلال فترة السكون تبقى منخفضة خلال فترة الشتاء والصيف (Kempl et al. 2004 .). في الظروف الطبيعية فإن فترة سكون طور ما قبل العذراء في النحل البنّاء (*Osmia*) تمتد لفترة بين ١-٣ شهور اعتماداً على المنطقة الجغرافية (Bosch and Kemp, 2000; Bosch, Kemp and Peterson 2000 and Sgolastra, 2007). وتحتاج الحشرة بعد ذلك إلى درجات حرارة فوق عتبة معينة لإنهاء فترة سكون طور ما قبل العذراء. طور

ما قبل العذراء للنحل البنّاء *O. cornifrons* يمكن أن يُحفظ على ١٠°م لمدة تصل إلى ٤٣٠ يوماً دون أن تموت (Maeta et al. 2006). إذا تعرضت لاحقاً لدرجات حرارة بين ٢٢-٢٦°م، تتطور هذه الأفراد على ما يبدو إلى حشراتٍ طبيعية كاملة. في النحل البنّاء من نوع *O. lignaria* المربى على درجات حرارة ١٨°م أو ٢٠°م بعض الأفراد قد تبقى في طور ما قبل العذراء لفترة تفوق العام (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra 2007). وإذا تعرضت هذه الأطوار لاحقاً لدرجات حرارة ٢٢°م فإن بعضها يتحول إلى أطوار كاملة ولكنها تعيش فترة الشتاء. وعندما تفشل الأفراد في التعذر عند درجة حرارة ١٨°م أو ٢٠°م فإنها تمضي فترة الشتاء في طور ما قبل العذراء وبعد ذلك تتحضن في بداية الربيع، وتستطيع بعض الأفراد أن تصل إلى طور الحشرة الكاملة لاحقاً ولكنها نادراً ما تُكَوِن حشرات كاملة وصحية وإذا فعلت ذلك فإنها تنسلخ أو تخرج بالتزامن مع دورة حياتها الطبيعية. نتائج مشابهة تم الحصول عليها في النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* المربى على درجة حرارة ٢٢°م (Bosch, 1994a).

تتم أعلى معدلات نمو لطور ما قبل العذراء على درجات حرارة متوسطة بين (٢٢-٢٦)°م (Kemp and Bosch, 2005; Maeta et al. 2006 and Sgolastra, 2007) . بدرجات الحرارة الدافئة بين ٢٦-٣٢°م فإن تطور طور ما قبل العذراء يُصبح بطيئاً. بالطبيعة، على كل حال، فإن أعشاش النحل البنّاء (*Osmia*) تتعرض لتقلبات في أنظمة درجات الحرارة كما أن فترة التعرض للحرارة لها تأثير قوي على إنهاء فترة ما قبل العذراء. في النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* فإن ١٥٪ من الأفراد التي تعرضت لدرجات حرارة ٢٢°م فشلت بالتعذر مقارنةً بفشل كاملِ الأفراد بالتعذر (١٠٠٪) عند التعرض لدورة يومية ١٢ ساعة إضاءة عند درجة ١٧°م و١٢ ساعة عند درجة ٢٧°م (المعدل= ٢٢°م)، (Bosch، أوراق غير منشورة). فترة ما قبل العذراء في النحل البنّاء من نوع *O. lignaria* تستمر لفترة ٢٩ يوماً عند درجة حرارة ثابتة تبلغ ٢٢°م مقارنة بحوالي ١٧ يوماً عندما تتعرض لدرجات حرارة بين ١٤°م و١٦°م لمدة ٨ ساعات،

وعند درجة حرارة ٢٧°م لمدة ساعة واحدة (معدل = ٢٢ °م، Bosch and Kemp, 2000). وبشكل عام، المجتمعات التي تُحفظ تحت درجات حرارة مُتقلبة لها معدلات نفوق متدنية خلال مرحلة التطور.

تختلف المجتمعات الحشرية من مناطق مختلفة في عتباتها لاستكمال فترة البيات الشتوي لطور ما قبل العذراء. إن نسبة فشل تعذر طور ما قبل العذراء في النحل البنّاء *O. cornuta* مبكر الظهور (شباط "فبراير") كانت ١٢٪ مقارنة بحوالي ٢٪ بالمجتمعات التي تظهر متأخرةً (شهر أذار "مارس") تحت نفس الظروف (Bosch, 1994a). نفس النتائج تم الحصول عليها في حالة *O. lignaria*، فعلى درجة حرارة ٢٠°م فشلت ٥٦٪ من الأفراد التي تظهر مبكراً في أذار "مارس" في التعذر مقارنةً مع ٢٣٪ في الأفراد التي تظهر متأخراً في نيسان "أبريل" والتي تم وجودها على درجة حرارة ١٨°م (Sgolastra, 2007). فوق هذه العتبات من درجات الحرارة، فإن الأفراد التي تظهر مبكراً لها فترة تطور أطول لطور ما قبل العذراء من الأفراد التي تظهر متأخراً تحت نفس الظروف من درجات الحرارة. فعلى درجة حرارة ٢٢°م فإن نسل النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* الذي ظهر مبكراً في شباط "فبراير" احتاج إلى ٩٥ يوماً حتى يتعذر بينما احتاج إلى ٧٥ يوماً في الأفراد التي تظهر متأخراً في نيسان "أبريل" (أوراق غير منشورة ,Bosch). وفي النحل البنّاء من نوع *O. lingaria*، استغرقت فترة ما قبل العذراء على درجة حرارة ٢٦°م إلى ٥٢ يوماً في الأفراد التي تظهر مبكراً في أذار "مارس" بينما استغرقت ٢٩ يوماً في الأفراد التي تظهر متأخرةً في نيسان "أبريل" (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra, 2007). هذه الاختلافات موجودة ومستمرة تحت ظروف الطبيعة. المجتمعات التي تظهر في شهر أذار "مارس" وموجودة تحت الظروف الخارجية الطبيعية تأخذ أكثر من شهرين لتتعذر مقارنة بحوالي شهرٍ واحد في المجتمعات التي تبدأ الطيران وتظهر بشهر نيسان "أبريل" (Bosch et al. and Sgolastra, 2007). عندما تم تربية مجتمعات الحشرة التي تظهر ظهوراً متأخراً في ولاية يوتا، في ظروف المختبر (غرف التربية) وتم إطلاقها ببساتين

اللوز بولاية كاليفورنيا في شهر شباط "فبراير"، فإن نسل هذه المجتمعات احتاجت إلى فترة قصيرة في طور ما قبل العذراء تحت كل من ظروف المختبر والظروف الطبيعية بولاية كاليفورنيا (Bosch et al., 2000).

هذه النتائج تُشير إلى مُكَوِن مهم ذي دلالة وراثية لتطور حالة البيات الشتوي في النحل البنّاء وتشير إلى احتمالية تكيفها مع ظروف الحرارة السائدة (Ayres and Scriber, 1994). كما أن المدة الزمنية لطور ما قبل العذراء قد يتأثر بالصفات الشكلية والظاهرية للأم (Mousseau and Dingle, 1991). على سبيل المثال، قد يعتمد تطور البيات الشتوي على ظروف الفترة الضوئية السائدة في حياة جيل الأمهات كما أُشير لذلك في حالة *M. rotundata* (Parker and Tepedina, 1982 and Kemp and Bosch 2001). وفي دراسة غير منشورة تم تقسيم المجتمعات التي تظهر متأخراً من نوع *O. lingaria* إلى مجموعتين. المجموعة الأولى تم إطلاقها على اللوز في شهر شباط "فبراير" قبل وقت ظهورها وطيرانها الطبيعية بفترة شهرين والمجموعة الثانية تم إطلاقها على الكرز في نيسان "أبريل" الموعد الطبيعي لظهور أفراد الحشرة (Bosch and Kemp، دراسة غير منشورة). وتم بعدها تربية نسل المجموعتين في نفس الظروف. مع التوافق في أي تأثير محتمل للأمهات، كانت فترة طور ما قبل العذراء أطول وبشكل معنوي في المجموعة الأولى ولكن بفارق بسيط تراوح بين ٢-٦ أيام، فترة قصيرة جداً مقارنة مع فرق لمدة شهرين في وقت الظهور والطيران بين أفراد الآباء في المجموعتين.

التعذر

تحتاج العذارى لفترة بين شهر إلى شهر ونصف لتكتسب صبغات الحشرة الكاملة (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra, 2007). معدلات التنفس خلال فترة العذراء تراوحت بين ٠,١٤ و٠,١٨ ثاني أُكسيد الكربون مل/جم. ساعة، ومعدل النقصان بالوزن تراوح بين ٠,٣ و٠,٧ ملجم/يوم (Bosch and Vicens 2002; Kemp et al., 2004)

and Bosch and Kemp, unpublished). وتم تقدير درجة الحرارة المطلوبة لتطور العذراء بين ١٠-١٢°م (Maeta et al., 2006 and Sgolastra 2007). على العكس من تطور طور ما قبل العذراء "ومن خلال المدى الحراري الذي تم اختباره بين ١٨-٣٠°م" فإن تطور طور العذراء يزداد مع زيادة درجة الحرارة (Bosch and Kemp, 2000 Maeta et al. 2006 and Sglolastra, 2007). وعلى العكس من تطور طور ما قبل العذراء فإن الفترة الحرارية ليس لها تأثير واضح على معدلات تطور العذراء. تكتمل فترة تطور العذراء في النحل البنّاء من نوع *O. lignaria* خلال ٣٢ يوماً على درجة حرارة ٢٢°م مقارنة مع ٢٨ يوماً عند تعرضها لدورة من ٨ ساعات على درجة حرارة ١٤°م و١٦ ساعة على درجة حرارة ٢٧°م (المعدل= ٢٢°م) (Bosch and Kemp, 2000). في النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* فإن مرحلة العذراء تَكتمل خلال ٣٦ يوماً في كلتا الحالتين: عند التعرض لدرجات الحرارة ٢٢°م بشكلٍ ثابت أوالتعرض لدورة حرارية لمدة ١٢ ساعة على درجة حرارة ١٧°م و١٢ ساعة على درجة حرارة ٢٧°م (المعدل= ٢٢°م Bosch, unpublished). إن الاختلافات في طول أو قصر مدة مرحلة العذراء بين المجتمعات من النحل البنّاء من مناطق جغرافية متباينة ليست واضحةً كتلك الاختلافات في مدة طور ما قبل العذراء. عند التعرض لدرجة حرارة ٢٢°م فإن مجتمعات النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* مبكرة أو متأخرة الظهور لها نفس مدة تطور مرحلة العذراء (٣٦ و٣٥ يوماً على التوالي) (Bosch, unpuplisehd data). في النوع *O. lignaria* بدرجة حرارة ٢٦°م فإن التعذر في أفراد المجتمعات مبكرة الظهور يحتاج إلى ٣٠ يوماً بينما يحتاج التعذر إلى ٢٤ يوماً في أفراد المجتمعات متأخرة الظهور (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra, 2007).

قبل التشتية

في نهاية فترة العذراء، تتخلص العذراء من الغلاف الخارجي لها وتخرج الحشرة الكاملة ثم تبدأ بمد أجنحتها. تخرج الحشرات الكاملة من "الشرانق" مع نهاية الصيف أو

بداية الخريف. مجتمعات النحل البنّاء *O. lingaria* التي تبدأ بالطيران مبكراً في وسط كاليفورنيا تصل لطور الحشرة الكاملة في شهر تشرين الثاني "نوفمبر" مقارنةً مع أيلول "سبتمبر" أو تموز "يوليو" لمجتمعات الأفراد التي تظهر متأخراً من مناطق شمال ولاية يوتا (Bosch and Kemp, 2000; Bosch et al. and Sgolastra 2007). خلال فترة ما قبل التشتية ، تستمر الحشرات داخل الشرانق بالتعرض لدرجات الحرارة الدافئة الكافية للتطور. هذه الفترة تسمح للأفراد ذات التطور البطيء في المجتمعات الحشرية للوصول إلى طور الحشرة الكاملة وتصبح جاهزة للتشتية عندما تبدأ درجات الحرارة بالانخفاض. وكما ذُكر سابقاً ، فإن الاختلافات في معدل تطور أفراد الحشرة في مجتمعات من أصول جغرافية مختلفة "تتعرض لنفس درجات الحرارة في طور ما قبل العذراء" أعظم منها في طور اليرقة أو العذراء. بنفس الوقت فإن معظم التباين في وقت خروج الحشرات الكاملة بين أفراد المجتمع يمكن تفسيرها من خلال فترة طور ما قبل العذراء (Sgolastra, 2007). لذلك فإن فترة سكون ما قبل العذراء هي الآلية الرئيسية التى يقوم مجتمع النحل البنّاء من أصول جغرافية متباينة من خلالها بتوقيت وتزامن خروج الحشرات الكاملة عند انخفاض درجات الحرارة المحلية في الخريف (Kemp and Bosch, 2005 and Sgolastra, 2007).

خلال خمسة أيام من خروج الحشرات الكاملة ، يبدأ إنتاج ثاني أكسيد الكربون بالانخفاض وبشكل كبير من ٠,١٤ -٠,١٨ إلى حوالي ٠,١٠ مل/جم.ساعة في مدة ١٤ يوماً (Kemp et al., 2004 ; Bosch, Kemp and Sgolastra, unpublished). بالإضافة إلى استجابة الحشرات الكاملة في طور السكون الشتوي لفترة الحضانة (سيتم مناقشتها لاحقاً) فإن النتائج تُظهر بأنه وكما هو الحال في سكون طور ما قبل العذراء الصيفي فإن طور السكون الشتوي للحشرات الكاملة ينتج عن حالة البيات الشتوي الإجباري (Diapause) في النحل البنّاء. إن انخفاض معدلات التنفس بوقت قصير بعد خروج الحشرات الكاملة يحصل ضمن الظروف الطبيعية ولكن أيضاً في الحشرات الموجودة تحت درجة حرارة ثابتة ٢٢°م. لذلك فإن الدخول في حالة البيات قبل الشتوي لا يحتاج

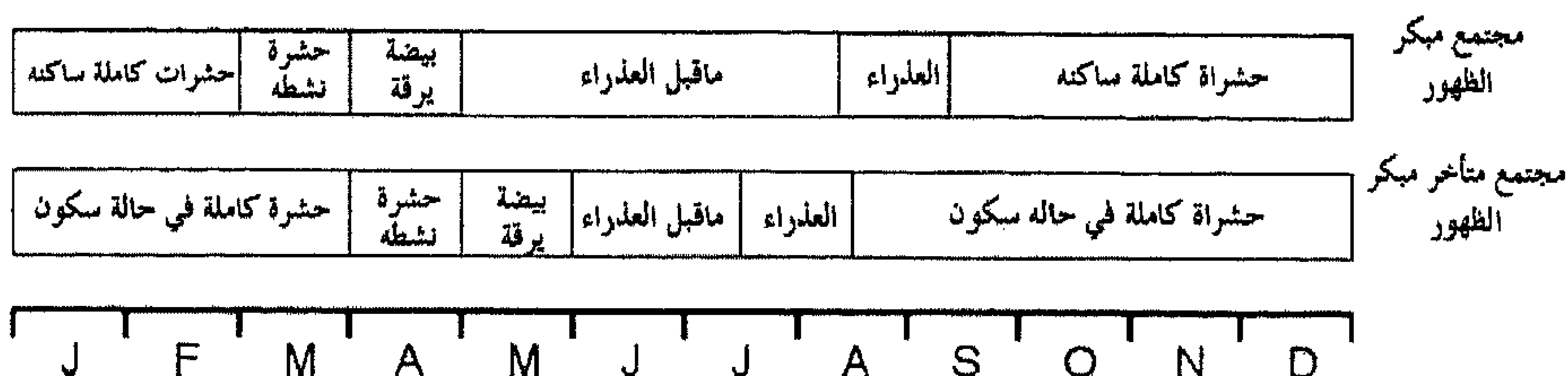
إلى تحفيز من درجات الحرارة. معدلات التنفس (تم قياسها عند درجة حرارة ٢٢°م) في الحشرات الكاملة التي تبدأ بعملية البيات قبل الشتوي لا ترتفع إلا بعد التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة (Bosch, Kemp and Sgolastra, unpublished). لذلك من ناحية فسيولوجية يمكن تعريف حالة ما قبل التشتية بأنها الفترة بين خروج الحشرات الكاملة وعودة معدلات التنفس للارتفاع نتيجة للتعرض لفترة الشتاء.

المدة الزمنية لفترة ما قبل التشتية في النحل البنّاء (*Osmia*) لها تبعات مهمة لتطور البيات الشتوي ومرور فترة البيات الشتوي بنجاح بالإضافة إلى حيوية هذه الحشرات عند خروجها بالربيع. أفضل النتائج من حيث معدلات الحياة تم الحصول عليها في مجتمعات الحشرات التي قضت فترة قصيرة إلى متوسطة لما قبل البيات الشتوي (١٥– ٣٠ يوماً) (Monzon, 1998; Bosch et l., 2000 Bosch and Kemp, 2004; Sgolastra, 2007; Bosch, et al., unpublished). الأفراد التي قضت فترة ما قبل التشتية لفترات طويلة (٤٥ أو ٦٠ أو حتى ٨٠ يوماً) حافظت على معدلات تنفس منخفضة (حوإلى ٠,١٠ مل/جم ساعة) ولكنها فقدت وزنها بسرعة (٠,٢٠–٠,٤٠ ملجم/يوم) وأظهرت استنفادًا عالياً جداً للدهون في أجسامها. مستوى الدهون المخفض بشكل معنوي، هذه الأفراد يمكن أن تموت خلال فترة الشتاء، وفي حالة استمرارها بالحياة فإن حيوية الأفراد الخارجة بالربيع تكون أقل من الأفراد التي قضت فترة قصيرة إلى متوسطة (١٥–٣٠ يوماً) لبيات ما قبل التشتية. الأفراد التي قضت فترة قصيرة جداً (٣–٥ أيام) لما قبل البيات الشتوي فإنها لن تصل إلى مستويات التنفس الدُنيا (حوالي ٠,٠٨ مل/جم ساعة). مع ذلك فإن هذه الأفراد تستجيب عند تعرضها لدرجات الحرارة المنخفضة من خلال زيادة معدل التنفس (تم قياسة عند ٢٢°م) بنفس الاستجابة التي تقوم بها الأفراد التي قضت فترة متوسطة لبيات ما قبل التشتية (حوالي ١٥–٣٠ يوماً) (Sgolastra, 2007). وهذه الأفراد والتي قضت فترة قصيرة جداً لبيات ما قبل التشتية لا تُظهر أية علامات على نفاذ الدهون من الجسم وتحافظ على مستوياتٍ عالية

من الدهون كما أنها تمتلك أيضاً حيويةً أكبر عند خروجها من الشرانق مقارنةً بالأفراد التي قضت فترة متوسطة لبيات ما قبل التشتية (١٥-٣٠ يوماً). ولكن استمرارية الحياة خلال الشتاء تكون أقل بالنسبة لهذه الأفراد بحوالي ٥-١٠٪ مقارنة بالأفراد التي قضت فترة متوسطة لما قبل البيات الشتوي (Monzon, 1998 and Bosch et al., unpublished). الأفراد التي لم تدخل فترة بيات ما قبل التشتية (تم تعرضها للبرودة في يوم خروج الحشرات الكاملة) لا تعيش فترة الشتاء (Maeta et al. 2006). التعديلات والتهيئة البيوكيميائية للتحضير للتشتية في الحشرات عادةً ما تحصل قبل دخول درجات البرودة (Delfinger, 1991). في النحل البنّاء من نوع *O. cornifrons* التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة في الخريف يعتبر ضروريا لزيادة مستويات السكريات العديدة (Maeta et al, 2006) الشيء الذي يُفسر انخفاض معدلات الحياة في الأفراد التي تقضي فترة الشتاء بطور الحشرة الكاملة حديثة الخروج من الشرنقة.

تخرج وتعشش المجتمعات الحشرية من المناطق الباردة لاحقاً خلال العام وتتعرض صغارها لفترة صيف قصيرة. لذلك فإن صغارها تحتاج لأن تصل لمرحلة الحشرة الكاملة مبكراً وخلال مدة زمنية قصيرة. وكما ذُكر سابقاً فإن التطور السريع من بيضة إلى حشرة كاملة في هذه المجتمعات يتحقق وبشكل رئيس من خلال فترة قصيرة لبيات ما قبل التشتية (الشكل ٦,٢). وخلال منطقة جغرافية معينة، فإن وقت ظهور الحشرة الكاملة بالنسبة لدخول درجات البرودة الشتوية يتعرض لاختلافات مكانية معنوية (Kemp and Bosch, 2005; Sgolastra, 2007 and Bosch et al., unpublished). أولاً، درجات الحرارة في أواخر الصيف وبداية الخريف تختلف وبشكل معنوي من عام إلى عام، ثانياً، إن وقت خروج الحشرات الكاملة يختلف من عام إلى عام بشكل مطلق اعتماداً على بداية دخول فترة الشتاء. أخيراً، خروج الحشرات الكاملة في مجتمع معين قد يستمر لفترة تصل إلى أكثر من شهر واحد، وهذا يبين وجود اختلافات مهمة بين الأفراد في وقت خروج الحشرات الكاملة. وكما ذُكر سابقاً فإن الاختلافات في وقت

ظهور الحشرات الكاملة يمكن تفسيره وبشكل كبير بالاختلافات بين الأفراد في فترة سكون ما قبل التشتية. العوامل الوراثية المتعلقة بمعدل تطور فترة سكون ما قبل العذراء في النحل البنّاء لم يتم دراستها حتى الآن. ولكن ارتباط العامل الوراثي في تطور عملية السكون الإجباري تمت الإشارة له في العديد من أنواع الحشرات (Tauber et al., 1986; Mcwatters and Saunder, 1996; Bradshaw, et al., 1997; Feder et al., 1997 and Gomi, 1997). وهناك إثباتات تشير إلى وجود هذه العلاقة الوراثية في النحل البنّاء *Osmia* (انظر الفصل الخامس)، ضمن هذا السيناريو وتبعات مدة بيات ما قبل التشتية على معدلات الحياة في الشتاء، فإن الانتقاء والاختيار يكون لصالح الأفراد التي تتطور مبكرةً بشكل كافٍ لتصل إلى طور الحشرة الكاملة قبل دخول الشتاء ولكن متأخرة كفاية؛ لكي لا تمضي فترة طويلة في بيات ما قبل التشتية.



الشكل (٦,٢). شكل تقريبي لتطور مجتمعات النحل البناء متأخرة ومبكرة الظهور، الأحرف الإنجليزية ترمز إلى بداية أسماء أشهر السنة الميلادية.

التشتية

ترتفع معدلات التنفس (تم قياسها على درجة حرارة ٢٢°م) بشكلٍ متواصل من المعدل المنخفض ٠,٠٨ مل/جم للأفراد في مرحلة ما قبل التشتية إلى ٠,٤٠مل/جم ساعة، وهو مشابه لمستوى التنفس قبيل خروج الحشرة الكاملة (Kemp et al. 2004 and Sgolastra 2007). فقدان الوزن خلال مرحلة التشتية منخفض ويتراوح بين ٠,٠٥

و٠,٠٩ ملجم/يوم مقارنة بمرحلة ما قبل التشتية والتي يتم فيها نفاد الدهون (Bosch and Vicens, 2002; Bosch and Kemp, 2003, 2004 AND Kemp et al. 2004). تخسر الأفراد نسبةً عاليةً من وزنها (حوالي ١٠٪) خلال الشهر الأول من مرحلة ما قبل التشتية، الشيء الذي يعادل ما تخسره في خمسة أشهر في فترة التشتية (حوالي ٧٪).

التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة ضروري لتطور حالة السكون في النحل البنّاء *Osmia*. وكما تم ذكره سابقاً، فإن أفراد النحل البنّاء التي لا تتعرض لدرجات برودة التشتية تحافظ على معدلات تنفس قليلة، تفقد الوزن بسرعة وتفقد معظم أجسامها الدهنية وعادة ما تموت. استمرارية الحياة أيضا قليلة (٠,٠ إلى ٠,٤) في الأفراد التي تقضي فترة تشتية قليلة (٣٠ يوما: Bosch and Kemp 2003, 2004 and Meata et al 2006). بعد ٣٠ يوماً من التشتية فإن معدلات التنفس (تم قياسها على درجة حرارة ٢٢°م) كانت حوالي ٠,٠٢مل/جم.ساعة مقارنة بحوالي ٠.٠٤مل/جم.ساعة في الأفراد التي تعرضت لحالة التشتية بشكلٍ كامل (حوالي ٢٠٠ يوم) (Sgolastra, 2007). عندما تتعرض الأفراد لفترة تشتية لمدة ٣٠ يوماً فقط ثم يتم وضعها في حاضنات عند درجة حرارة ٢٠°م فإن معدلات التنفس تنخفض بسرعة وترجع إلى مستويات متدنية مشابهة لحالة ما قبل التشتية (Kemp et al., 2004 and Sgolastra 2007). تحافظ هذه الأفراد على معدل تنفس منخفض، ولكنها تفقد الوزن بسرعة كلما استمرت فترة الحضانة. الحشرات الكاملة التي يتم إخراجها من الشرانق وتعريضها لدرجة حرارة الغرفة بمنتصف الشتاء تستطيع المشي، ولكنها لا تقوم بعملية الطيران أو التغذية عند تقديم الأزهار لها (Bosch and Kemp, 2003).

مدة ما قبل الخروج (الوقت المطلوب للخروج من فترة الحضانة في الربيع المقبل) للحشرات الكاملة للنحل البنّاء *Osmia* تتناسب بشكلٍ عكسي مع مدة التشتية (Bosch and Blas, 1994; Bosch and Kemp, 2003, 2004 and Maeta et al., 2006). فعلى

سبيل المثال، ذكور النحل البنّاء *O. lignaria* التى تمضي فترة التشتية عند درجة حرارة مقدارها ٤°م لمدة ٩٠ يوماً تحتاج إلى فترة ١٤ يوماً للخروج عند احتضانها على درجة حرارة ٢٠°م مقارنةً مع ٣ أيام عندما تمضي فترة ١٥٠يوماً في التشتية ويوماً واحداً عندما تمضي فترة ٢١٠ يوم عند درجة ٤°م (Bosch and Kemp, 2003). هذه النتائج ترتبط بالزيادة المستمرة بمعدل التنفس التي تم ملاحظتها خلال فترة التشتية (Kemp et al., 2004 and Sgolastra, 2007) والتثبت من الحاجة لدرجات البرودة من أجل إتمام وإنهاء فترة التشتية في النحل البنّاء *Osmia*.

عند التعرض لفترات تشتية طويلة وكافية فإن حالة السكون الإجبارية تتطور أسرع عند درجات التشتية المرتفعة مقارنة مع درجات التشتية المنخفضة (Bosch and Kemp, 2003 and 2004) على سبيل المثال، ذكور النحل البنّاء *O. lignaria* التي تقضي فترة التشتية على درجات حرارة ٤°م لمدة ٢١٠ أيام تحتاج إلى فترة حضانة ليومٍ واحد للخروج مقارنة مع ٣ أيام للذكور التي تقضي فترة الشتاء على درجة صفر مئوية ولنفس المدة (Bosch and Kemp, 2004). نتائج مشابهة تم الحصول عليها بحالة *O. cornuta* (Bosch and Kemp, 2004). معدلات التنفس تزداد بسرعة وتصل إلى المعدلات الملائمة للخروج في الأفراد التي تقضي فترة الشتاء في ٧°م مقارنةً مع صفر مئوية (Sgolastra, 2007). هذه الاستجابة الفسيولوجية تسمح لمجتمعات النحل البنّاء بتسريع عملية الخروج في السنوات ذات الشتاء المعتدل؛ ولذلك لا تتخلف عن فترة إزهار عوائلها من النباتات الزهرية والتي تقوم بتسريع عملية الإزهار استجابة للشتاء الضعيف (Nyeki and Soltesz, 1996). ولكن نفاد الأجسام الدهنية ونفوق الحشرات يزداد بشكل كبير عند درجات تشتية أكثر من ٤°م (Bosch and Kemp, 2003). أفراد *O. lignaria* التي تطير متأخرة لا تستطيع التشتية لفترة تزيد عن ١٥٠ يوماً عند درجة ٧°م. بشكل مشابه فإن أفراد *O. cornifrons* يمكنها أن تزيد فترة التشتية عن ١٨٠ يوماً على درجة حرارة صفر مئوية ولكن ليس عند ٥°م (Maeta et al., 2006).

كما هي الحال في السكون الصيفي فإن مجتمعات النحل البنّاء *Osmia* تبدو متأقلمة مع ظروف الشتاء المحلية. في حالة النحل البنّاء *O. corunta* فإن الإناث التي تَظهر في شهر شباط "فبراير" تخرج خلال ١,٥ يوم من تعرضها لدرجة حضانة ٢٠°م وذلك بعد انقضاء مدة تعادل١٢٠ يوماً من التشتية بدرجة حرارة ٣°م بينما الأفراد التي تبدأ بالطيران في شهر نيسان "أبريل" والتي تعرضت لنفس الظروف تحتاج إلى ٥ أيام حتى تخرج بعد تعرضها لفترة الحضانة نفسها (Bosch and Blas, 1994). أفراد النحل البنّاء *Osmia corunta* يمكن أن تقضي فترة ١٥٠ يوماً من السكون الشتوي عند درجة حرارة مرتفعة (١١°م) ولكن هذه الظروف تؤدي إلى نفاد الأجسام الدهنية بشكل كبير وموت ملحوظ في أفراد النحل البنّاء *O. lignaria* (Bosch and Kemp, 2003 and 2004).

إدارة مجتمعات النحل البنّاء لتلقيح المحاصيل

تعتبر أنواع النحل البنّاء *O. cornifrons, O. lignaria* و *O. corunta* ملقحات أشجار مثمرة فعالة جداً. تخلف الكثافة المطلوبة من هذه الملقحات من محصول لمحصول ومن عام لآخر (أحد الأسباب هو التغير في الكثافة الزهرية من عامٍ لآخر)، ولكن التقديرات تشير إلى أن ٥٥٠ إلى ٧٥٠ عشاً لإناث النحل البنّاء هذه (بالإضافة إلى حوالي ١,٥ إلى ٢ مرة من الذكور) للهكتار تكون كافية (Bosch and Kem, 2002). وبسبب ظاهرة الانتشار قبل عملية التعشيش فإن أعداد الإناث التي يتم إطلاقها يجب أن تزيد حتى ضعف الكمية المطلوبة اعتماداً على طريقة الإطلاق (انظر Bosch and Kemp, 2001 and 2002). الحسابات التفصيلية حول ممارسات إدارة أنواع النحل البنّاء *Osmia* spp. يمكن أن تجدها في أماكن أخرى (Maeta and Kitamura, 1974; Bosch and Kemp, 2001; Krunic and Stanisavljevic, 2006). هنا نناقش الأمور المتعلقة وبشكل مباشر مع بيولوجية التطور بالنحل البنّاء. وبسبب الاختلافات الظاهرية والشكلية المهمة بين مجتمعات النحل البنّاء المختلفة والتي تمت مناقشتها سابقاً، فإن أي طريقة إكثار يجب أن تعتمد على معرفة

الصفات الشكلية الطبيعية في منطقة الانتشار الأصلية لمجتمع الحشرة المعني بالإدارة. بالاعتقاد بوجود أساس وراثي لهذه الاختلافات الشكلية والظاهرية يمكن أن يكون من الممكن انتخاب سلالات مختلفة من النحل البنّاء لتلقيح محاصيل ذات فترات إزهار متباينة من اللوزيات في شباط "فبراير" إلى التفاحيات في أيار "مايو".

مراقبة وإدارة وقت خروج الحشرات الكاملة

قبل الإزهار، أعشاش النحل البنّاء *Osmia* (أوالشرانق الحرة: اعتماداً على نظام الإدارة المتبع) يتم أخذها من منطقة التشتية ووضعها في ملاجئ التعشيش التي تحوي مواد التعشيش اللازمة (مثل: قطع خشبية محشوة بقصبات ورقية، أومجموعاتٍ من القصبات والأنابيت الكرتونية). الوقت بين خروج الحشرات وبالتالي بناء الأعشاش وبداية الإزهار للمحصول المعني تُعتبر أساسيةً عند تلقيح أزهار الأشجار المثمرة؛ لأن معظم الأشجار البستانية المثمرة تزهر لحوالي ثلاثة أسابيع فقط. إذا خرجت الحشرات الكاملة متأخرةً كثيراً فإن نسبةً كبيرةً من الأزهار لن يتم تلقيحها ولأن المصادر الزهرية البديلة قليلة وربما نادرةِ الوجود بعد سقوط بتلات المحصول المعني، فإن نجاح تكاثر مجتمع الحشرة يقِل بشكلٍ كبير. وعلى الجانب الآخر فإن الحشرات التي تخرج مبكرةً جداً عن بداية إزهار المحصول المعني سوف تقوم بالبحث عن مصادر زهرية بديلة وتبدأ بالتعشيش في أماكن أخرى. لذلك فمن المهم أن يتم تشتية مجتمع الحشرات لفترة طويلة كفاية؛ لأن ذلك يؤدي إلى تقصير فترة ما قبل الخروج (الفترة بين بداية حضانة الربيع وبداية خروج الحشرات) وفترة خروج الحشرات.

مجتمعات الحشرة التي تمضي وقتاً أطول لفترة ما قبل خروج الحشرة تُعتبر أكثر صعوبة من حيث تزامن خروجها مع بداية تفتح أزهار المحصول المعني. والمجتمعات التي لها فترة خروج طويلة لا تتزامن فترة خروج حشراتها مع إزهار المحصول المعني إلا بجزءٍ من مجتمعها. إن الحاجة للحصول على فترة تشتية طويلة وكافية لتحقيق خروج عاجل

ومنتظم للحشرة أمرٌ لا يمكن التقليل من أهميته. في كل الأحوال فإن النباتات الأخرى التي تُزهر قبل المحصول المعني يمكن أن تكون مصدراً لحبوب اللقاح والرحيق لأفراد حشرة النحل البنّاء التي تخرج مبكراً (Bosch and Kemp, 2001).

عند تشتية الأفراد لفترات طويلة على درجات حرارة معتدلة (٤-٧°م) بعض الذكور تخرج دون الحاجة إلى حضانةِ الربيع. ويُعتبر ذلك دلالةً على أن مجتمع الحشرة حصل على فترة تشتية كافية ومناسبة وأفراده جاهزة للخروج. وإلا فإنه يمكن تحضين شرانق الذكور على درجة حرارة ٢٢°م، وبالتالي إذا كان مجتمع الحشرة قد حصل على فترة تشتية كاملة فإن الذكور سوف تخرج خلال يومٍ واحد. وكما ذُكر سابقاً، فإن فترات التشتية لتحفيز خروج عاجل للحشرة يختلف بين الأنواع والمجتمعات المختلفة. في حشرات النحل البنّاء *O. lignaria* والتي تَظهر متأخرةً بشهر نيسان "أبريل" فإن التشتية لمدة ٢١٠ أيام بدرجة ٤°م يُعجل من عملية خروج الحشرة (معدل مدة ما قبل الخروج في الذكور يوم واحد: Bosch and Kemp 2000,2003). وبدلاً من ذلك، فإن أفراد النحل البنّاء *O. cornuta* تظهر مبكراً بعد ١٢٠ يوماً من التشتية بدرجة حرارة ٣°م (معدل مدة ما قبل الخروج في الذكور يوم واحد: Bosch and Blas, 1994).

يمكن تحقيق الخروج العاجل والسريع للحشرة أيضاً بتشتية الحشرة بدرجات حرارة أعلى. ولكن يجب استخدام هذه الطريقة فقط عندما تكون تشتية الحشرة لفترات طويلة غير مجدية. رفع درجة حرارة التشتية يمكن استخدامه بحرص ولفترة قصيرة لأن ذلك قد يؤدي إلى استهلاك الدهون وخروج حشرات غير نشيطة. Bosch وزملاؤه (2000) أرادوا أن يحددوا وقت خروج لمجتمع حشرات النحل البناء *O. lignaria* والتي تبدأ بالطيران في نيسان "أبريل" في شمال ولاية يوتا من أجل الاستفادة منها في تلقيح اللوزيات المزهرة في كليفورنيا في شباط "فبراير". الحاجة لخروج الحشرات في شباط بدلاً من نيسان قلل وبشكلٍ كبير من الفترة المتوفرة لتشتية الحشرة. جزء من المجتمع تم تشتيته على درجة حرارة ٤°م بينما الجزء الآخر على درجة حرارة ٧°م ولمدة ١١٧ يوماً. ذكور

الجزء الذي تم تشتيته على درجة ٤°م احتاجت لمدة ٧ أيام للخروج بينما احتاجت ذكور الجزء الذي تم تشتيته على ٧°م إلى ٣ أيام بدون أي فروقات معنوية بنسبة الوفيات. ويمكن أيضا رفع درجة الحرارة وبشكل تدريجي خلال فترة التشتية لتسريع إنهاء فترة السكون وخروج الحشرة.

يتأثر وقت الخروج أيضا وبشدة بدرجات الحرارة خلال فترة التحضين. وإذا تمت التشتية لفترة طويلة وكافية وكانت درجات الحرارة اليومية المتوقعة خلال فترة التحضين أكثر من ٢٠°م فإن مجتمع الحشرة لا يحتاج إلى فترات تحضين اصطناعية مبرمجة أو مسبقة. على الجانب الآخر إذا كانت درجات الحرارة منخفضة فإن تطور كل من الحشرة والنبات ينخفض بشكل كبير. ولكن ضمن درجات الحرارة المعتدلة (١٠-١٨°م) فإن تطور النبات وعملية الإزهار تتم وتستمر (Nyeki and Soltesz, 1996) بينما خروج إناث الحشرة يكون بطيئا جداً، وعندها فإنه من الضروري تزويد الحشرة بفترة حضانة إضافية. يمكن معها وضع الأعشاش بالحاضنات على درجة حرارة بين ٢٠ و٢٥°م والحشرات الخارجة من الأعشاش يتم جمعها بأوعية وإرسالها وإطلاقها بالحقل أوتبريدها وهي داخل الأوعية لدرجة بين ٤-٨°م لحين إطلاقها. وعند استخدام هذه الطريقة يجب الأخذ بعين الاعتبار بأن الإناث التي يتم إطلاقها تقوم بالانتشار والتعشيش في أماكن أخرى عن الإناث التي يتم إطلاقها في أعشاشها قبل عملية الخروج (Maeta, 1978; Torchio, 1984 and Bosch, 1994c). يمكن أيضاً تحضين الأعشاش في مناطق لجوئها (Bosch and Kemp, 2001; Pitts-Singer, et al, 2008).

وعلى أية حال، فإن عمليات الإطلاق يجب أن تأخذ بالاعتبار ليس فقط الوقت اللازم للخروج ولكن أيضا الوقت الملائم للتعشيش. في بعض الأحيان من الضروري تأخير خروج الحشرة بدلاً من تسريعه ويمكن القيام بذلك من خلال تبريد مجتمع الحشرة. مجتمعات النحل البنّاء *O. cornifrons* التي تقضي فترة التشتية بالطبيعة تخرج بالتزامن مع إزهار نباتات الكرز الأحمر. إذا أردنا أن تخرج هذه الحشرات لتلقيح

التفاح والذي يزهر لاحقاً فيتم تأخير خروج الحشرة بحفظها تحت درجة حرارة ٥°م (Maeta and Kitamura, 1974; Maeta, 1990). ولكن مجتمعات الحشرة الجاهزة للخروج لا يمكن تبريدها لمدة تزيد عن شهرٍ واحد وذلك لانخفاض فرص الحياة وتأثيرها على نشاط الحشرة لاحقاً (Bosch and Kemp, 2001).

تختلف متطلبات التشتية والحضانة من مجتمعٍ لآخر وعملية الإزهار بالأشجار المثمرة تمتد من شهر شباط "فبراير" كما هي الحال باللوزيات إلى شهر أيار "مايو" كما الحال بالتفاحيات. لهذه الأسباب فإن برمجة فترة التشتية والحضانة يجب أن تُجَدول حسب الحالة المعنية. والقرارات حول نُظم حضانة الربيع ووقت الإطلاق في الحقل أو البستان يجب أن تعتمد على معرفة بأصل المجتمع الحشري المُستخدم وكذلك مراقبة دقيقة للتطور الزهري بالمحصول المعني وكذلك الظروف الجوية السائدة. فترات الإزهار للأنواع والأصناف التي تُزهر قبل المحصول المعني تُزودنا بمرجع لمظاهر الإزهار بالمنطقة (Maeta, 1990 and Bosch et al. 2006).

مراقبة وإدارة التطور

بعد سقوط بتلات الأزهار فإن مواد الأعشاش التي تحتوي على الأطوار غير الكاملة للحشرة تُجمع وتُخزّن بوحدة تخزين بدرجة حرارة قريبة من درجة الحرارة الخارجية. يمكن مراقبة التطور بسهولة عن طريق تشريح بعض الشرانق التي تحتوي على حضنة الذكور وبشكلٍ دوري. وعندما يقترب موعد خروج الحشرات الكاملة يجب تكثيف عملية المراقبة الدورية. وفي البداية يتم أخذ عينات من شرانق الذكور وبعد ذلك عندما تصل الحشرات إلى النمو بنسبة كاملة يتم أخذ عينات من شرانق الإناث ؛ لأن الإناث عادةً تنمو بشكلٍ أبطأ من الذكور. ولأن مُدة خروج الحشرات الكاملة تستمر لأكثر من شهر، يجب العمل على تشتية مجتمع الحشرات عندما تُظهر العينات التي يتم جمعها بأن جميع الإناث وصلت لمرحلة النضوج الكامل (الحشرة الكاملة). وهذا سيمنع الحشرات التي

تتطور مبكراً من التعرض لفترات طويلة جداً لمرحلة ما قبل التشتية. في التسعينيات من القرن الماضي، الكثير من مربي النحل البنّاء *Osmia* في الولايات المتحدة الأمريكية أشاروا إلى تدني كفاءة مجتمعات النحل البنّاء (نسبة نفوق عالية، حيوية متدنية وتوطين ضعيف بالحقل). من المحتمل بأن هذه المجتمعات الضعيفة ناتجة عن قضاء فترات طويلة لما قبل التشتية. عندما تم تشتية أفراد النحل البنّاء *O. cornuta* "التي تصل حالة البلوغ أو النضوج الكامل في شهر أيلول "سبتمبر" في تشرين الثاني "نوفمبر" كان خروج الأفراد بطيئاً وغير منتظم (Bosch, 1994a, 1995). بعض أفراد هذه المجتمعات تموت خلال عملية خروجها من الشرانق وبعض الأفراد تستطيع الخروج من الشرانق ولكنها لا تستطيع الطيران. لذلك فإنه من الضروري مراقبة عملية النضوج وخروج الحشرة الكاملة بالإضافة إلى إدارة مدة ما قبل التشتية للحصول على مجتمع قوي وصحي من النحل البنّاء.

مقارنة النحل البنّاء بالنحل القاطع لأوراق البرسيم

تم توطين النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* كأحد ملقحات المحاصيل في أمريكا الشمالية منذ الستينيات من القرن الماضي (انظر الفصل السابع من هذا الكتاب). النحل البنّاء *Osmia* كما هي الحال بالنحل قاطع أوراق نبات البرسيم *M. rotundata* تبني أعشاشها في الفجوات والشقوق وتبني سلسلة خطية من الخلايا التي يتم تغذيتها بخليط من العسل وحبوب اللقاح. لكن دورة الحياة وفسيولوجية التشتية للنحل البنّاء والنحل قاطع لأوراق البرسيم مختلفة، مما يفرض ممارسات إدارية مختلفة ومهمة. النحل القاطع لأوراق البرسيم يقضي فترة التشتية بطور ما قبل العذراء ويطير متأخراً في الموسم عن النحل البنّاء. النحل القاطع لأوراق البرسيم *Megachile rotundata* له جيلان متداخلان بالعام، فبعض أفراد المجتمع تدخل بحالة السكون في طور ما قبل العذراء في الجيل الأول وأفراد أخرى تكمل تطورها لتنتج أفراداً كاملةً في أواخر الصيف لإنتاج أفراد الجيل الثاني (Krunic, 1972; Richard, 1984 and Kemp and Bosch, 2001).

كلا الجيلين يدخل حالة السكون في طور ما قبل العذراء. وتضع إناث النحل القاطع لأوراق البرسيم بيضها في حزيران "يونيو" وتموز "يوليو". وكما هي الحال في النحل البنّاء تتطور الصغار خلال خمسة أطوار يرقية وفي المرحلة الأخيرة تتم عملية الإخراج وتبدأ الحشرة بغزل الشرنقة (Trostle and Torchio, 1994). التطور من بيضة إلى شرنقة كاملة في نحل أوراق البرسيم أسرع منه في حالة النحل البنّاء. وتبدأ حالة السكون كما هي الحال بالنحل البنّاء في طور ما قبل العذراء بعد الانتهاء من بناء الشرنقة بوقت قصير. معدلات التنفس تنخفض من ١,٣مل/جم ساعة في اليرقة (في حالة النمو) إلى ٠,٥مل/جم.ساعة عند الانتهاء من بناء الشرنقة وبعدها تنخفض إلى حوالي ٠,٢ مل/جم ساعة خلال فترة ١٢ يوماً (Kemp et al, 2004). ولكن على العكس من النحل البنّاء فإن معدلات التنفس لا تزيد عند التعرض لدرجات حرارة الشتاء (التشتية) وتبقى معدلات التنفس بين ٠,١-٠,٢ مل/جم.ساعة خلال فترة التشتية (الخريف والشتاء) وبدلاً من الزيادة التدريجية كما هي الحال بالنحل البنّاء فإن معدلات التنفس لا تزيد إلا عند التعرض لدرجات الحرارة الحاضنة مع بداية الربيع (Kemp et al., 2004) هذه الاختلافات في الاستجابة لدرجات الحرارة تكشف عن اختلافات فسيولوجية جوهرية بين سكون الحشرة الكاملة بالنحل البنّاء وسكون ما قبل العذراء في النحل القاطع لأوراق البرسيم. وتظهر أفراد النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* تحملاً أكثر من أفراد النحل البنّاء *O. lignaria* لفترات الشتاء الطويلة والدافئة. في أفراد النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* التي تمت تشتيتها على خمس درجات مئوية فإن الزيادة المعنوية بالوفيات لم تحصل إلا بعد امتداد الفترة إلى أكثر من ٢٧٠ إلى ٣٠٠ يوم (Richard, Whitfield and Schaalje, 1987).

بالإضافة إلى ذلك فإن طور ما قبل العذراء يمكن تشتيته على درجة ١٠°م لفترة تصل إلى ٤٥٠ يوماً بدون أي زيادة واضحة في نسبة الوفيات. بالاعتماد على هذه الاختلافات نتوقع أن يكون طور ما قبل العذراء فى النحل القاطع لأوراق البرسيم

(M. rotudata) أقل حساسيةً من النحل البنّاء (Osmia) في تحمل فترات الشتاء الطويلة. وإذا كانت هذه الفرضية صحيحةً فإن توقيت بداية التشتية سيكون أقل إلحاحاً في النحل القاطع لأوراق البرسيم مقارنة بالنحل البنّاء. وبرهان آخر عن الاختلافات الفسيولوجية بين طور السكون في الحشرة الكاملة وطور ما قبل العذراء يأتي من خلال المعاملات التي تمت على طور ما قبل العذراء في النحل البنّاء *O. cornifrons*. ووجد بأن طور ما قبل العذراء لهذا النوع من النحل البنّاء يمكنها التشتية على درجة حرارة ٦°م لمدة ١٨٠ يوماً وعلى درجة ١٠°م لمدة ٤١٠ يوم بدون أي زيادة بالوفيات.

وفوق كل شيء فإن تأثير فترة التشتية على توقيت خروج الحشرات الكاملة يتبع نفس النمط في كليهما (النحل البنّاء والنحل القاطع لأوراق البرسيم). ففترات خروج الحشرة الكاملة بالإضافة إلى فترة ما قبل الخروج في النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* تقل أيضاً مع زيادة مدة التشتية (Johansen and Eves, 1973; Tasei and Masure, 1978 and Richard et al. 1987). ويتشابه تأثير درجات الحرارة بفترة الحضانة على خروج الحشرات الكاملة بجنسي الحشرتين ولكن على النقيض من النوع *O. lignaria* لم يتم ملاحظة أية آثار مؤذية لدرجات الحضانة والتي قد تصل إلى ٣٢°م بين أفراد النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* (Richards and Whitfield, 1988). ولذلك فإن مجتمعات هذه الحشرة يتم حضانتها بصورة روتينية عند درجة ٣٠°م، وأعلى نسبة خروج للإناث في مجتمع الحشرة الذي تم تشتيته على درجة حرارة ٥°م لحوالي سبعة أشهر تتم خلال فترة ٢٣-٢٤ يوماً من الحضانة على درجة ٣٠°م.

نباتات البرسيم تزهر لفترة أطول (حوالي ٨ أسابيع) من الأشجار المثمرة. بالإضافة لذلك فإن المخاطرة الناتجة عن الظروف الجوية السيئة أقل بكثير خلال فترة تفتح نباتات البرسيم، كما أنه ليس من الضروري تلقيح جميع الأزهار للوصول إلى أعلى عائد من البذور (Pedersen, Petersen, Bohart and Levin, 1956). لهذه الأسباب فإن توقيت خروج الإناث مع بداية الإزهار ليس حرجاً في هذه الحالة كما هو الحال في

إدارة النحل البنّاء. ويتم إطلاق مجتمعات النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* عندما يتفتح حوالي ١٠٪ من أزهار نباتات البرسيم (Ritchards, 1984) بينما يتم إطلاق مجتمع النحل البنّاء قبل تفتح أزهار النبات أو مع بداية الإزهار المبكرة.

ملاحظات ختامية

تعتبر المعرفة الأساسية بفسيولوجيا تطور النحل المُلقح مهمةً لوضع وتطوير طرق التربية المناسبة. وهناك اختلافات مهمة في تطور حالة السُكون الشتوي بين أنواع النحل البنّاء *Osmia* والنحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata*، وهذه الاختلافات يجب تميزها وأخذها بعين الاعتبار في نظم إدارة المُلقحات. كذلك فإن الاختلافات الظاهرية والفسيولوجية بين مجتمعات النحل البنّاء من مناطق جغرافية متباينة يجب أن يتم أخذها بعين الاعتبار عند وضع أو تطوير طرق تربية النحل البنّاء *Osmia*. إن تطور السكون في النحل البنّاء يتفق مع نموذج تطور السكون في بيوض عثة الغجر *Lymantria dispar* الذي تم وضعه من قبل الباحث Sawyer, Tauber, Tauber and Ruberson عام ١٩٩٣م. هذا النموذج يفترض بأن العتبة الحرارية والحرارة المثلى لتطور السكون تتغيران بشكلٍ تدريجي خلال فترة الشتاء؛ ولذلك فلا يوجد حدود واضحة بين حالة السكون وحالة ما بعد السكون. معدل التنفس في الحشرات الكاملة للنحل البنّاء (تم قياسها على درجة حرارة ٢٢°م) يصل إلى أدنى مستوياته سريعاً بعد اكتمال خروج الحشرة الكاملة وبعد ذلك يزيد بوتيرة ثابتة خلال فترة الشتاء. في فترة السكون المبكرة فإن الحشرات الكاملة تستجيب لدرجات الحرارة الدافئة بخفض معدلات التنفس وهذا يبطئ من تطور السكون، بينما يزيد التعرض لدرجات الحرارة الباردة من معدلات التنفس في هذه الحالة. وبدلا من ذلك فإن التعرض لدرجات الحرارة الدافئة في نهاية فترة السكون تحفز خروج الحشرات الكاملة ودرجات الحرارة الباردة تؤخر خروجها. حالتان ظاهريتان يجب الاهتمام بهما فيما يتعلق بإدارة النحل البنّاء: توقيت سكون

الحشرات الكاملة بالخريف وتوقيت خروجها في الربيع بعد انتهاء فترة السكون. مراقبة هاتين الحالتين مهمٌ جداً ومحدد لنجاح عمليات تربية النحل البنّاء وأما باقي العملية الإدارية فإنها لا تشكل إلا عملاً روتينياً بدون أية تحديات (انظر Bosch and Kemp, 2001). بالإضافة لذلك فإن إدارة النحل البنّاء بسيطة من حيث التخطيط والتنفيذ لأننا نحتاج إلى كثافة عددية قليلة للقيام بعمليات التلقيح. وكما ذُكر سابقاً، فإن ١١٠٠ إلى ١٥٠٠ أُنثى كحد أقصى من النحل البنّاء تكفي لتلقيح هكتار واحد بينما نحتاج إلى ١٦ ألف إلى ٤٠ ألف أُنثى من النحل القاطع لأوراق البرسيم للقيام بتلقيح نفس المساحة (Hobbs, 1973 and Richards, 1984). وعند هذه الكثافة العددية من الملقحات فإن إنتاجية المحاصيل يمكن أن تزيد بشكل معنوي (Bosch and Kemp, 1999 and Bosch et al., 2006). في اليابان، أدى استخدام النحل البنّاء *O. cornifrons* إلى زيادة المساحة المنتجة للتفاح بنسبة ١٠٪ عام ١٩٨١م ثم٥٠٪ عام ١٩٩٠م ومن ثم إلى ٧٠٪ عام ١٩٩٦م (Maeta, 1990; Sekita et al., 1996 and Batra 1998). الدراسات المستقبلية حول إدارة النحل البنّاء يجب أن تُعنى بتطوير نموذج للتنبؤ بأوقات خروج الحشرة الكاملة من خلال اقترانها بنظم السكون والحضانة المختلفة. ويجب أن تعتمد هذه المعادلات أو النماذج على التنبؤ بفترة خروج الإناث واضعين بعين الاعتبار طول فترة ما قبل التعشيش وذلك للحصول على أكبر فائدة ممكنة من الملقح عند ذروة الإزهار. وبشكل مثالي، يجب أن يتم تطوير هذه النماذج لسلالات الملقحات التي تطير مبكراً وتلك التي تطير متأخرةً لتغطية مدى واسع من فترات الأزهار من مختلف أنواع وأصناف أشجار الفاكهة.

الشكر والعرفان

نحن ممتنون بالشكر الجزيل لكل من R.R.James, T.L. Pitts-Singer and P.F. Torchio لمناقشتهم النسخة الأولى من هذا العمل.

المراجع العلمية

Abel, C. A., Wilson, R. L., and Luhman, R. L. (2003). Pollinating efficacy of Osmia cornifrons and Osmia lignaria subsp. lignaria (Hymenoptera: Megachilidae) on three Bassicaceae grown under field cages. Journal of Entomological Science, 38, 545-552.

Asada, S., and Ono, M. (2002). Development of a system for commercial rearing of Japanese native bumblebees, Bombus hypocrita and B. ignitus (Hymenoptera: Apidae) with special reference to early detection of inferior colonies [in Japanese]. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 46, 73-80.

Asensio, E. (1984). Osmia (Osmia) cornuta Latr. pollinisateur potentiel des arbres fruitiers en Espagne (Hymenoptera, Megachilidae). Fifth International Symposium on Pollination, INRA, Versailles, France, 461-465. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), Paris.

Ayres, P. M., and Scriber, J. M. (1994). Local adaptation to regional climates in Papilio canadensis Lepidoptera: Papilionidae). Ecological Monographs, 64, 465-482.

Batra, S. W. T. (1979). Osmia cornifrons and Pithitis smaragdula, two Asian bees introduced into the United States for crop pollination. Fourth International Symposium on Pollination, Special Miscellaneous Publication 1, 307-312). Maryland Agricultural Experiment Station.

----(1979)Hornfaced bees for apple pollination. American Bee Journal, 138, 364-365.

Bohart, G. E. (1958). Transfer and establishment of the alkali bee. Proceedings of the Sixteenth Alfalfa Improvement Conference, Ithaca, New York, 4-6.

----(1962). How to manage the alfalfa leaf-cutting bee Megachile rotundata Fabr. for alfalfa pollination. Utah Agricultural Experiment Station Circular, 144, 1-7. Logan, UT.

Bosch, J. (1994a). Improvement of field management of Osmia cornuta (Latreille) (Hymenoptera: Megachilidae). Apidologie, 25, 71-83.

----(1994b). The nesting behavior of the mason bee Osmia cornuta (Latr) with special reference to its pollinating potential (Hymenoptera: Megachilidae). Apidologie, 25, 84-93.

----(1994c). Osmia cornuta Latr. (Hym., Megachilidae) as a potential pollinator in almond orchards: Releasing methods and nest hole-length. Journal of Applied Entomology, 117, 151-157.

----(1995) Comparison of nesting materials for the orchard pollinator (Osmia cornuta Hymenoptera, Megachilidae). Entomologia Generalis, 19, 285-289.

Bosch, J., and Blas, M. (1994). Effect of overwintering and incubation temperatures on adult emergence in Osmia cornuta Latr (Hymenoptera, Megachilidae). Apidologie, 25, 265-277.

Bosch, J., and Kemp, W. P. (1999). Exceptional cherry production in an orchard pollinated with blue orchard bees. Bee World, 80, 163-173.

Bosch, J., and Kemp, W. P. (2000). Development and emergence of the orchard pollinator Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae). Environmental Entomology, 29, 8-13.

----(2001) How to manage the blue orchard bee as an orchard pollinator. Beltsville, MD: Sustainable Agriculture Network.

----(2002). Developing and establishing bee species as crop pollinators: The example of Osmia spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. Bulletin of Entomological Research, 92, 3-16.

----(2003). Effect of wintering duration and temperature on survival and emergence time in the orchard pollinator Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae). Environmental Entomology, 32, 711-716.

----(2004). Effect of prewintering and wintering temperature regimes on weight loss, survival, and emergence time in the mason bee Osmia cornuta (Hymenoptera: Megachilidae). Apidologie, 35, 469-479.

----(2008). Production of undersized offspring in a solitary bee. Animal Behaviour 75, 809-816.

Bosch, J., Kemp, W. P., and Peterson, S. S. (2000). Management of Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae) populations for almond pollination: Methods to advance bee emergence. Environmental Entomology, 29, 874-883.

Bosch, J., Kemp, W. P., and Trostle, G. E. (2006). Cherry yields and nesting success in an orchard pollinated with Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Economic Entomology, 99, 408-413.

Bosch, J., Maeta, Y., and Rust, R. (2001). A phylogenetic analysis of nesting behavior in the genus Osmia (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 94, 617-627.

Bosch, J., and Vicens, N. (2002). Body size as an estimator of production costs in a solitary bee. Ecological Entomology, 27, 129-137.

----(2005) Sex allocation in the solitary bee Osmia cornuta: Do females behave in agreement with Fisher's theory? Behavioral Ecology and Sociobiology, 59, 124-132.

----(2006). Relationship between body size, provisioning rate, longevity and reproductive success in females of the solitary bee Osmia cornuta. Behavioral Ecology and Sociobiology, 60, 26-33.

Bradshaw, W. E., Holzapfel, C. H., Kleckner, C. A., and Hard, J. J. (1997). Heritability of development time and protandry in the pitcher-plant mosquito, Wyeomyia smithii. Ecology, 78, 969-976.

Cane, J. H. (2005). Pollination potential of the bee Osmia aglaia for cultivated raspberries and blackberries (Rubus: Rosaceae). Hortscience, 40, 1705-1708.

Crane, E. (1991). Apis species of Tropical Asia as pollinators, and some rearing methods for them. Acta Horticulturae, 288, 29-48.

Denlinger, D. L. (1991). Relationship between cold hardiness and diapause. In R. E. Lee, Jr., and D. L.

Denlinger (Eds.), Insects at low temperatures (174-198). New York: Chapman and Hall.

Dogterom, M. H. (1999). Pollination by four species of bees on highbush blueberry. Unpublished. doctoral dissertation, Simon Fraser University.

Drummond, F. A., and Stubbs, C. S. (1997). Potential for management of the blueberry bee, Osmia atriventris Cresson. Acta Horticulturae, 446, 77-83.

Feder, J. L., Roethele, J. B., Wlazlo, B., and Berlocher, S. H. (1997). Selective maintenance of allozyme differences among sympatric host races of the apple maggot fl y. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 94, 11417-11421.

Free, J. B. (1993). Insect pollination of crops. London: Academic Press.

Gomi, T. (1997). Geographic variation in critical photoperiod for diapause induction and its temperature dependence in Hyphantria cunea Drury (Lepidoptera: Arctiidae). Oecologia, 111, 160-165.

Hobbs, G. A. (1973). Alfalfa leafcutter bees for pollinating alfalfa in western Canada (Canada Department of Agriculture Publication No. 1495). Ottawa, Ontario.

Hodek, I., and Honek, A. (1996). Ecology of Coccinellidae, Series Entomologica 54. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.

Holm, S. N. (1973). Osmia rufa L. (Hymenoptera) as a pollinator of plants in greenhouses. Entomologia Scandinavica, 4, 217-224.

Johansen, C., Mayer, D., Stanford, A., and Kious, C. (1982). Alkali bees: Their biology and management for alfalfa seed production in the Pacific Northwest (Pacifi c Northwest Extension Publication No. 155.

Johansen, C. A., and Eves, J. D. (1973). Effects of chilling, humidity and seasonal conditions on emergence of the alfalfa leafcutting bee. Environmental Entomology, 2, 23-26.

Kemp, W. P., and Bosch, J. (2000). Development and emergence of the alfalfa pollinator Megachile rotundata (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 93 ، 904-911.

----(2001). Postcocooning temperatures and diapause in the alfalfa pollinator Megachile rotundata (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 94, 244-250.

----(2005). Effects of temperature on Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae) prepupa on adult development, survival, and emergence. Journal of Economic Entomology, 98, 1917-1923.

Kemp, W. P., Bosch, J., and Dennis, B. (2004). Oxygen consumption during the life cycle of the prepupa-wintering bee Megachile rotundata (F.) and the adult-wintering bee Osmia lignaria Say (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 97, 161-170.

Krombein, K. V. (1967). Trap-nesting wasps and bees: Life histories nests and associates. Washington, DC: Smithsonian Press.

Krunic, M. D. (1972). Voltinism in Megachile rotundata (Megachilidae: Hymenoptera) in southern Alberta. Canadian Entomologist, 104, 185-188.

Krunic, M. D., and Stanisavljevic, L. (2006). The biology of the European orchard bee Osmia cornuta. Belgrade, Serbia: Izdavac.

Ladurner, E., Recla, L., Wolf, M., Zelger, R., and Burgio, G. (2004). Osmia cornuta (Hymenoptera: Megachilidae) densities required for apple pollination: A cage study. Journal of Apicultural Research, 43, 118-122.

Ladurner, E., Santi, F., Maccagnani, B., and Maini, S. (2002). Pollination of caged hybrid seed red rape with Osmia cornuta and Apis mellifera (Hymenoptera Megachilidae and Apidae). Bulletin of Insectology, 55, 9-11.

Maccagnani, B., Ladurner, E., Santi, F., and Burgio, G. (2003). Osmia cornuta (Hymenoptera, Megachilidae) as a pollinator of pear (Pyrus communis): Fruit- and seed-set. Apidologie, 34, 207-216.

Maeta, Y. (1974). Preliminary report on the utilization of Osmia cornifrons for pollination of ladino clover in Japan. Kontyu, 11, 4-5. [In Japanese.

----(1998). Comparative studies on the biology of the bees of the genus Osmia of Japan, with special reference to their managements for pollinations of crops (Hymenoptera: Megachilidae) in Japanese]. Tohoku National Agricultural Experiment Station Bulletin No. 57, 221.

----(1990). Utilization of wild bees. Farming Japan, 24, 13-20.

Maeta, Y., and Kitamura, T. (1974). How to manage the Mame-ko bee (Osmia cornifrons Radoszkowski (for pollination of fruit crops. Ask Co Ltd.

Maeta, Y., Nakanishi, K., Fujii, K., and Kitamura, K. (2006). Exploitation of systems to use a univoltine Japanese mason bee, Osmia cornifrons (Radoszkowski), throughout the year for pollination of greenhouse crops (Hymenoptera: Megachilidae). Chugoku Kontyu, 20, 1-17.

Maeta, Y., Okamura, S., and Ueda, H. (1990). Mame-ko bachi, Osmia cornifrons (Radoszkowski) as a pollinator of blueberries (Hymenoptera: Megachilidae) [in Japanese]. Report of Chugoku.

Branch, Odokou 32: 33-42. McWatters, H. G., and Saunders, D. S. (1996). The infl uence of each parent and geographic origin on larval diapause in the blow fly, Calliphora vicina. Journal of Insect Physiology, 42, 721-726.

Michener, C. D. (2000). The bees of the world. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Monzon, V. H. (1998). Biologia de Osmia cornuta Latr. (Hymenoptera, Megachilidae) ysu utilizacion como polinizador de peral (Pyrus communis). Unpublished doctoral dissertation, Universitat Autonoma de Barcelona.

Monzon, V. H., Bosch, J., and Retana, J. (2004). Foraging behavior and pollinating effectiveness of Osmia cornuta and Apis mellifera (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on 'Comice' pear. Apidologie, 35, 575-585.

Mousseau, T. A., and Dingle, H. (1991). Maternal effects in insect life histories. Annual Review of Entomology, 36, 511-534.

Nyeki, J., and Soltesz, M. (1996). Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits. Budapest, Hungary: Akademiai Kiado.

O'Toole, C. (2002). The red mason bee. Rothley, United Kingdom: Osmia Publications Limited.

Parker, F. D. (1981). A candidate red clover pollinator, Osmia coerulescens (L.). Journal of Apicultural Research, 20, 62-65.

----(1989). Nest clustering as a means of managing Osmia sanrafaelae (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Economic Entomology, 82, 401-403.

Parker, F. D., and Tepedino, V. J. (1982). Maternal infl uence on diapause in the alfalfa leafcutting bee Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 75, 407-410.

Pedersen, M. W., Petersen, H. L., Bohart, G. E., and Levin, M. D. (1956). A comparison of the effect of complete and partial cross-pollination of alfalfa on pod sets, seeds per pod, and pod and seed weight. Agronomy Journal, 48, 177-180.

Pitts-Singer, T. L., Bosch, J., Kemp, W. P., and Trostle, G. E. (2008). Field use of an incubation box for improved emergence timing of Osmia lignaria populations used for orchard pollination. Apidologie, 39, 235-246.

Ptacek, V. (1989). Nesting strips for Rhophitoides canus Ev. (Hymenoptera, Apoidea) in lucerne seed production [in Czech]. Sbornik Vedeckych Praci, 11, 261-273.

Richards, K. W. (1984). Alfalfa leafcutter bee management in Western Canada (Agriculture Canada Publication No. 1495/E). Ottawa, Ontario: Agriculture Canada.

Richards, K. W., and Whitfi eld, G. H. (1988). Emergence and survival of leafcutter bees, Megachile rotundata, held at constant incubation temperatures (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Apicultural Research, 27, 197-204.

Richards, K. W., Whitfi eld, G. H., and Schaalje, G. B. (1987). Effects of temperature and duration of winter storage on survival and period of emergence for the alfalfa leafcutter bee (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 60, 70-76.

Rosner, B. (1994). Chemische Kommunikation bei der Mauerbiene Osmia rufa (Megachilidae). Unpublished master's thesis, Universitat Wien.

Roth, E. (1990). Erfahrungen mit der Haltung und dem Einsatz der Roten Mauerbiene (Osmia rufa) in Kohlbefruchtungsgruppen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Universitat Halle, 39, 11-14.

Sawyer, A. J., Tauber. M. J., Tauber, C. A., and Ruberson, J.R. (1993). Gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg development: A simulation analysis of laboratory and field data. Ecological Modelling, 66, 121-155.

Sekita, N., Watanabe, T., and Yamada, M. (1996). Population ecology of (Osmia cornifrons Hymenoptera, Megachilidae) in natural habitats. Bulletin of the Aomori Apple Experiment Station, 29, 17-36.

Sgolastra, F. (2007). Ecofisiologia delciclo biologicodi Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae). Unpublished doctoral dissertation, Universita di Bologna. Southwick, E. E., and Southwick, L., Jr. (1992). Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. Journal of Economic Entomology, 85, 621-633.

Steffan-Dewenter, I. (2003). Seed set of male-sterile and male-fertile oilseed rape (Brassica napus) in relation to pollinator density. Apidologie, 34, 227-237.

Stephen, W. P. (1960). Management and renovation of native soils for alkali bee inhabitation, Agricultural Experiment Station Technical Bulletin No. 52, 27-39). Corvallis: Oregon State University.

----(1962). Propagation of the leaf-cutter bee for alfalfa seed production (Agricultural Experiment Station Bulletin No. 586, 1-16). Corvallis: Oregon State University.

Sugiura, N., and Maeta, Y. (1989). Parental investment and offspring sex ratio in a solitary mason bee, Osmia cornifrons (Radoszkowski) (Hymenoptera: Megachilidae). Japanese Journal of Entomology, 57, 861-875.

Tasei, J.-N. (1972). Observations preliminaires sur la biologie d' Osmia (Chalcosmia) coerulescens L., (Hymenoptera Megachilidae), pollinisatrice de la luzerne (Medicago sativa L.). Apidologie, 3, 149-165.

Tasei, J.-N., and Masure, M. M. (1978). Sur quelques facteurs infl uencant le developpement de Megachile pacifica Panz. (Hymenoptera, Megachilidae). Apidologie, 9, 273-290.

Tauber, M. J., Tauber, C. A., and Masaki, S. (1986). Seasonal adaptations of insects. New York: Oxford University Press.

Tepedino, V. J., and Torchio, P. F. (1982). Phenotypic variability in the nesting success among Osmia lignaria propinqua females in a glasshouse environment (Hymenoptera: Megachilidae). Ecological Entomology, 7, 453-462.

Torchio, P. F. (1976). Use of Osmia lignaria Say (Hymenoptera: Apoidea, Megachilidae) as a pollinator in an apple and prune orchard. Journal of the Kansas Entomological Society, 49, 475-482.

Torchio, P. F. (1984). Field experiments with the pollinator species, Osmia lignaria propinqua Cresson (Hymenoptera: Megachilidae) in apple orchards: III. 1977 studies. Journal of the Kansas Entomological Society, 57, 517-521.

----(1985). Field experiments with the pollinator species, Osmia lignaria propinqua Cresson in apple orchards: V. (1979-1980), methods of introducing bees, nesting success, seed counts, fruit yields (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 58, 448-446.

----(1989). In-nest biologies and development of immature stages of three Osmia species (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 82, 599-615.

----(1990). Osmia ribifloris, a native bee species developed as a commercially managed pollinator of highbush blueberry (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 63, 427-436.

----(2003). The development of Osmia lignaria as a managed pollinator of apple and almond crops: A case history. In K. Strickler, and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (67-84). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Torchio, P. F., and Tepedino, V. J. (1982). Parsivoltinism in three species of Osmia bees. Psyche, 89, 221-238.

Trostle, G., and Torchio, P. F. (1994). Comparative nesting behavior and immature development of Megachile rotundata (Fabricius) and Megachile apicalis Spinola (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Kansas Entomological Society, 67, 53-73.

van der Steen, J., and de Ruijter, A. (1991). The management of Osmia rufa L. for pollination of seed crops in greenhouses. Proceedings of Experimental and Applied Entomology, 2, 137-141.

van Heemert, C., de Ruijter, A., van den Eijnde, J., and van der Steen, J. (1990). Year-round production of bumblebee colonies for crop pollination. Bee World, 71, 54-56.

Velthuis, H. H. W., and van Doorn, A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie, 37, 421-451.

Vicens, N., and Bosch, J. (2000). Pollinating efficacy of Osmia cornuta and Apis mellifera (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on "Red Delicious" apple. Environmental Entomology, 29, 235-240.

Vicens, N., Bosch, J., and Blas, M. (1993). Analisis de los nidos de algunas Osmia (Hymenoptera, Megachilidae) nidifi cantes en cavidades preestablecidas. Orsis, 8, 41-53.

Wajnberg, E., and Hassan, S. A. (1994). Biological control with egg parasitoids. Wallingford, United Kingdom: CAB International.

Wei, S.-G., Wang, R., Smirle, M. J., and Xu, H.-L. (2002). Release of Osmia excavata and Osmia jacoti (Hymenoptera: Megachilidae) for apple pollination. Canadian Entomologist, 134, 369-380.

Westrich, P. (1998). Die Wildbienen Baden-Württembergs. Stuttgart, Germany: Verlag Eugen Ulmer.

Xu, H.-L., Yang, L.-I., and Kwon, Y. J. (1995). Current status on the utilization of Osmia bees as pollinators of fruit trees in China (Hymenoptera: Megachilidae). Korean Journal of Apiculture, 10, 111-116.

Yamada, Y., Oyama, N., Sekita, N., Shirasaki, S., and Tsugawa, C. (1971). The ecology of the megachilid bee Osmia cornifrons and its utilization for apple pollination [in Japanese]. Bulletin of the Aomori Apple Experiment Station, 26, 39-77.

الفصل السابع

الإدارة الحالية والقديمة لنحل أوراق نبات البرسيم

Theresa L. Pitts-Singer

مقدمة

البرسيم (*Medicago sativa* L., Fabaceae) هو ثالث أكبر المحاصيل التي تُنتَج في الولايات المتحدة الأمريكية، فقد تم إنتاج ما يقرب من ٧٦ مليون طن من البرسيم وخليطه في عام ٢٠٠٥م (خدمة الإحصاءات الزراعية الوطنية، ٢٠٠٦). وهو أيضاً من السلع الأساسية الكبيرة في البلدان الأخرى، بما فيها كندا والصين والأرجنتين. وتُطْلبَ البذور بهدف إنتاج قش (علف) البرسيم. وبالنسبة لمنتجي بذور البرسيم، فإن الكمية المُنتَجة من البذور تُحدِد العوائد المكتَسبة، وخصوصاً عندما تُنتَج هذه البذرة لصالح إحدى شركات البذور من خلال عقدٍ سعري محدد. ويناقش هذا الفَصل عنصراً رئيساً واحداً في عملية إنتاج بذور البرسيم وهو استخدام النحل كملقحاتٍ متخصصة لمحصول البرسيم. وهناك نوعان من النحل المربى تُستخدم بتلقيحه بشكلٍ فعّال وهي نحلة النوميا Halictidae *Nomia melanderi* Cockerell والنحل القاطع لأوراق البرسيم *Megachile rotundata* Fabricius (Megachilidae; Bohart, 1957 and Cane 2002). وقد تم عرض تاريخي للتطبيق والتنفيذ التجاري لإدارة هذه الأنواع وكيفية تَبني المزراع لها في تلقيح محصول البرسيم. بالإضافة إلى مناقشة الفائدة من الاستخدام التجاري لهذه الأنواع من

النحل الانفرادي كملقحات، والمجالات البحثية الحالية والمستقبلية، والأفكار حول مستقبل التطبيقات التجارية والأكاديمية المتعلقة بهذه الأنواع من النحل أيضاً.

نبذة تاريخية عن نبات البرسيم

من المحتمل أن زراعة البرسيم بدأت حول آسيا الصُغرى منذ حوالي ستة آلاف سنة بهدف إنتاج الأعلاف للخيول. وقد عُرفت فرنسا واسبانيا في سنة ١٦٠٠م بزراعة البرسيم للماشية، وبحلول القرن الثامن عشر أصبحت زراعة البرسيم تُزود الخيول وأبقار الحليب بالأعلاف في شمال غرب أوروبا والصين. وبرزت أصناف البرسيم الحديثة *Medicado sativa* من تشكيلة متنوعة لأصناف البرسيم والتي تتكيف مع مجموعة واسعة من الأجواء في أوربا وآسيا، وقد جُلبت بذور البرسيم في منتصف القرن السابع عشر إلى العالم الجديد من قبل الأسبان والبرتغاليين ويجري إنتاجها بنجاح. وقد وصل البرسيم تدريجياً إلى أمريكا الشمالية من المكسيك، وكذلك نُقلت وعرفت كبرسيم تشيلي بواسطة السفن الشراعية المتجهة إلى كاليفورنيا مروراً بمنطقة كيب هورن في أقصى جنوب تشيلي خلال حُمّى البحث عن الذهب. ونما إنتاج البرسيم بكثرة قبل نهاية القرن التاسع عشر تحت ظروف الري بهدف توفير الأعلاف لتربية مواشي الألبان، وامتدت زراعة البرسيم لتشمل مناطق متعددة داخل الحوض العظيم وجبال الروكي في الولايات المتحدة ومن ثم ولاية نبراسكا وكنساس وكذلك ولاية تكساس. وقد حصلت المناطق الشرقية بالولايات المتحدة على بذور البرسيم من أوروبا في أواخر القرن الثامن عشر، ولكن ظروف الإنتاج (على سبيل المثال، درجات الحرارة الباردة، ومعادن التربة غير الكافية، وصرف باطن الأرض) قللت من نجاح إنتاج البرسيم على نطاق واسع في هذه المناطق. وأصبح البرسيم في نهاية المطاف محصولاً رئيسياً في منطقة البحيرات الكُبرى في الولايات المتحدة. وبمطلع القرن العشرين فقد تمت زراعة البرسيم في معظم الولايات المتحدة وأجزاء من كندا (Sauer, 1993; Putnam et al., 2001 and Russelle, 2001).

وقد زُرعت بذور البرسيم على نطاق واسع في عشرينيات القرن العشرين في شمال غرب الولايات المتحدة (Bohart, 1971)، وولاية ألبرتا في كندا (Frank, 2003). وبذور البرسيم اليوم (الشائعة والمُعتمدة) سلعة مهمة في شمال غرب الولايات المتحدة وكندا، والصين (الجدول ٧,١). وهو سلعة أقل أهمية في الأرجنتين، فرنسا، اليونان وايطاليا (اتحاد البذور الدولية، 2004). ويتم تسويق ما يقرب من ٨٠ ألف طن من بذور البرسيم في جميع أنحاء العالم سنوياً. وتنتج الأرجنتين بذور البرسيم المُعتمدة فقط. وتزرع البذور المُعتمدة في أوروبا بشكل رئيس من قبل فرنسا وايطاليا (من ٤ آلاف طن إلى ٥ آلاف طن في الفترة من ٢٠٠٣م إلى ٢٠٠٤م) (J.-N. Tasei، اتصال شخصي، March 2006). ومنذ عام ٢٠٠٤م كانت أكثر من ٥٠٪ من أنواع البذور المُنتجة في الولايات المتحدة ذات حقوق ملكية (الخدمات الإحصائية الزراعية الوطنية، ٢٠٠٥).

الجدول (٧,١). سوق بذور البرسيم (الحصاد بالأطنان) (اتحاد البذور الدولية،٢٠٠٤).

فترة الإنتاج	الأرجنتين*	كندا	الصين	فرنسا	اليونان	إيطاليا	الولايات المتحدة	الناتج العالمي
معدل ٥ سنوات	٤٥٨,١	١٣٥,١٤	٠٠٠,١٢	٦٧٠,٥	١٥٠,٥	٥٦٠,٤	٠٠٠,٣٥	٢٠٢,٧٨
٢٠٠٣/ ٢٠٠٤	٨٥٤,١	٣٨٨,٢٠	٠٠٠,١٨	٠٧٠,٥	٥,٢٠٠	٠٩٠,٤	٠٠٠,٣١	٧٩٩,٨٥

* البذور المُصدَّقة فقط.

ومما يُعزز إنتاج بذور البرسيم، التلقيح الخلطي والتهجين (Bohart, 1957)، والذي يتم إلى حد كبير من قبل النحل. وتخرج المُتوَكْ (مصدر حبوب اللقاح) والمياسم (وعاء الطلع) من زهرة البرسيم فقط عند زيارتها من قبل النحلة بهدف التلقيح. وإذا

لم يتم زيارة الزهرة فإن التلقيح لا يحدث. وتحدث الزيارة عندما تقوم النحلة بالضغط على بتلات الزهرة القاعدية والمتشابكة، مما يسمح للأعضاء الذكرية والأنثوية للزهرة بالظهور للخارج (Frank, 2003). وعندما تتم زيارة الزهرة، تتلامس الأجزاء التناسلية وبشكل جيد مع النحل. وقد أُستخدم نحل العسل (*Apis mellifera*) في المحاولات الأولى لتلقيح البرسيم باستخدام خلاياه المرباة، ولكن نحل العسل وخلال زيارته لأزهار نبات البرسيم يتجنب الآلية المطلوبة لإحداث عملية التلقيح. حيث يقوم نحل العسل بالحصول على الرَحيق من منطقة جانب الزهرة بدلا من مركز الزهرة، بحيث تتم الزيارة ويتم خروج الأجزاء التناسلية بفاعلية أكبر من جهة المركز. ولذلك فإن نحل العسل نادراً ما يقوم بزيارة وتلقيح نباتات البرسيم إلا في منطقة وسط وجنوب كليفورنيا، حيث تعمل درجات الحرارة المرتفعة على تهيئة أزهار البرسيم للزيارة بسهولة تامة (G. Maslonka، اتصال شخصي، June 2006). وقد عزز اكتشاف النحل البري والانفرادي كملقحات فعّالة جداً في تلقيح البَرسيم مقارنةً مع نحل عسل في نجاح صناعة إنتاج بذور البرسيم في أمريكا الشمالية.

وتقوم أنواع نحل النوميا وكذلك النحل القاطع لأوراق البرسيم بزيارة وتلقيح الأزهار بشكلٍ فعالٍ جداً بغض النظر عن آلية الزيارة المطلوبة. وقد لُوحظت هذه الملقحات تزور أزهارَ البرسيم المزروعة في شمال غرب الولايات المتحدة في أواخر الخمسينيات من القرن الماضي (Bohart, 1957). وعلى الرغم من أن أنواع النحل البرية قد قَدَمت خدمات تلقيح كافية لنبات البرسيم في وقت ما، إلا أن استخدام المبيدات الحشرية الواسع النطاق، وتناقص مساحة الأراضي الطبيعية قللت من وفرة وأعداد الملقحات الطبيعية في المناطق الزراعية (Bohart, 1971 and Frank, 2003). وعلاوةً على ذلك، زادَ حجم إنتاج بذور البرسيم والمحصول المتوقع. وقد أدت هذه الظروف إلى ضرورة تربية النحل الانفرادي المُلَقِح وإدارته لضمان غلة بذور مجدية اقتصادياً.

مُلقحات البرسيم المحلية

نحلة النوميا هي نحلة أصيلة التواجد في المناطق الجافة وشبه الجافة من الولايات المتحدة إلى الغرب من جبال الروكي (Stephen, 1959, Johansen and Eves, 1973 and Hurd, 1979). وخلال الخمسينيات من القرن العشرين تَعَرّف منتجو البذور في الولايات الشمالية الغربية على جودة التلقيح بنحل النوميا وحاولوا الحفاظ على هذه الملقحات قرب حقولهم (Bohart, 1950). وعمل المزارعون على الحفاظ على الأراضي الطبيعية لهذه الملقحات من أجل توفير أماكن التعشيش الطبيعية لها بالإضافة إلى العمل على إيجاد مواقع وأماكن تعشيش اصطناعية. وأسهم الباحثون في دعم هذه المساعي من خلال وصف بيولوجية التعشيش والحياة الطبيعية لهذه الملقحات للمساعدة في التطوير والتطبيق التجاري لاستخدام نحل النوميا في إنتاج بذور البرسيم. وأصبح نحل النوميا بعد ذلك، النوع الوحيد من الملقحات الانفرادية أرضية التعشيش الذي يُربى تجارياً على مستوى العالم. واستعرض Bohart (١٩٧١) الإمكانيات والاستخدامات المبكرة لنحل النوميا في تلقيح البرسيم.

ونحلة النوميا هي نحلة انفرادية، وهذا يعني أنه لا يوجد تعاون بين النحل البالغ في بناء العش وتربية الحضنة. ومع ذلك، فإن هذه النحلة جماعية وبشدة في طبيعة تعشيشها وتقوم بحفر الأعشاش في التربة على مقربة من بعضها البعض، والتي تتواجد بشكل طبيعي في تجمعات كبيرة جداً، بحيث يبلغ متوسط أعدادها نحو ٢,٥ إلى ٤,٩ مليون عش/هكتار (Johansen and Mayer, 1982; Cane, 2003 and Stephen, 2003). وفي مواقع التعشيش المعدة سابقاً أو الاصطناعية فإن معدل التعشيش يتراوح بين حوالي ١٣,٥ و٢٤,٧ مليون عش/هكتاراً (Johansen and Mayer, 1982; Cane, 2003 and Stephen, 2003)، وتلقيح البرسيم من قبل هذه النحلة قد يعطي إنتاجاً يصل إلى حوالي ٢٢٤٠ كجم من البذور/هكتار (Johansen and Mayer, 1982). وهذه الإنتاجية عالية

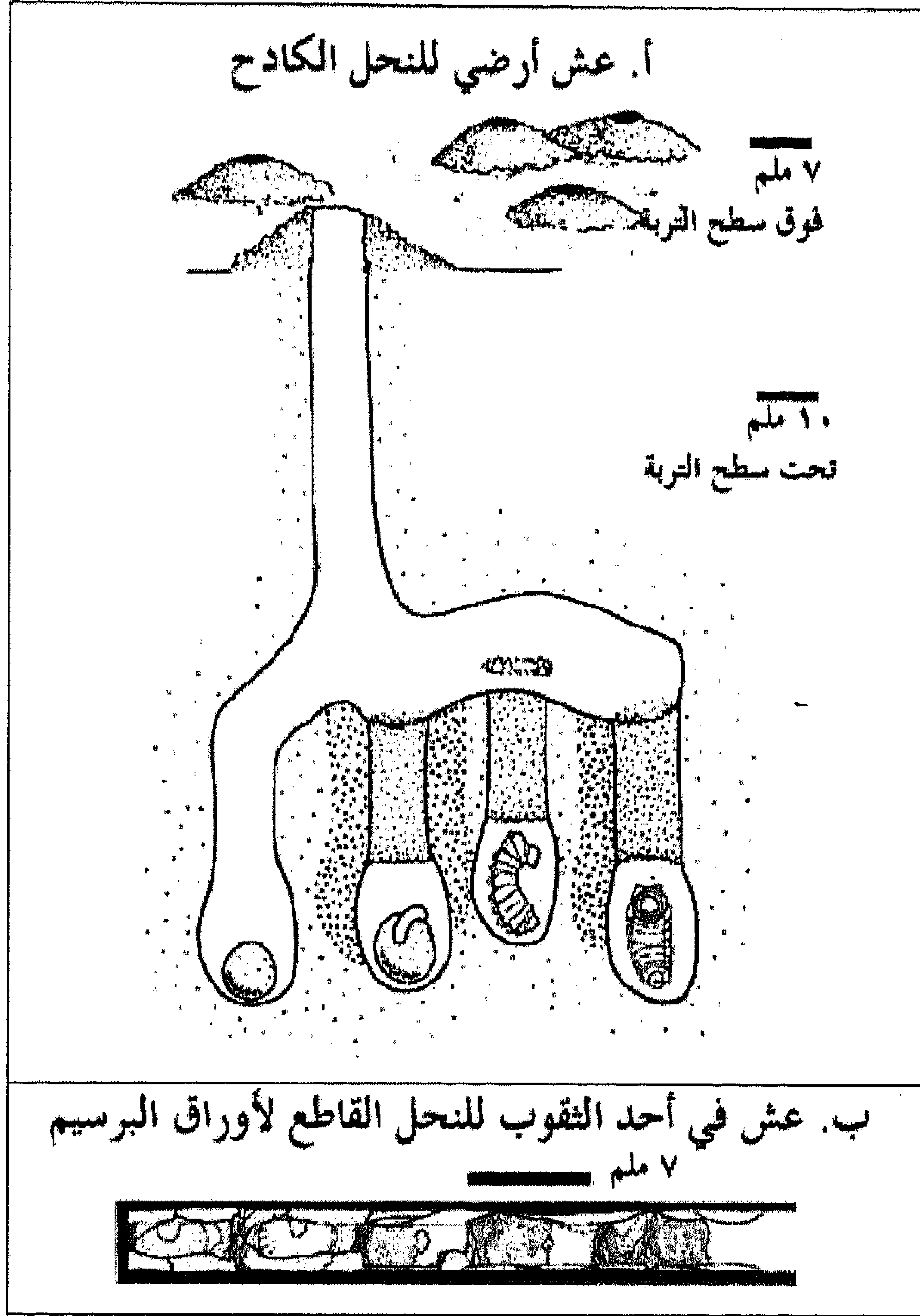
جداً مقارنة مع ١٦٨ كلجم من البذور لكل هكتار بدون استخدام الملقحات التجارية (Stephen, 1955 and Bohart, 1957). وتخرج نحلة النوميا البالغة من التربة عندما تكون درجات الحرارة دافئة في أواخر الربيع أو أوائل الصيف (Johansen and Mayer, 1982). ويحدث التزاوج حول مواقع العش، وتبدأ الإناث بعد ذلك في بناء الأعشاش. وتفضل الإناث استخدام الثقوب الموجودة سابقا في الأرض والتي تحفرها بسهولة. ويتكون نفق العش من محور عمودي (طوله من ٣٠ إلى ٤٠سم، وقطره من ٧ إلى ٩ ملم)، وتنتهي في نفق جانبي بخلايا العش، (طولها ١٢-١٥ملم ، وقطرها ٨-٩ملم) والتي تمتد نزولاً منه (الشكل ٧,١أ) (Batra, 1970 and Johansen and Mayer, 1982). وتتراكم التربة في البداية حول مدخل الثقب عندما تحفر الأنثى نفق العش، وبذلك ينتج رُكام (كومة) دائمة من التراب عند مدخل العش (Johansen and Mayer, 1982). وتزوّد خلايا العش بالرحيق وحبوب اللقاح التي يمكن جمعها من الزهور من مسافة قد تصل إلى حوالي ٣,٢ كم (Bohart, 1950).

وتوضع البيضة فوق الغذاء، وتغلق الخلية مع غطاء التربة. ويمكن للإناث البالغة أن تعيش من ٤ إلى ٦ أسابيع، وهي الفترة التي تنتج من خلالها من ٧ إلى ١٢ فرداً. وتمضي الأفراد الناتجة فترة البيات الشتوي بطور ما قبل العذراء (أي بعد التغذية في الطور اليرقي الخامس)، وتكمل مرحلة ما قبل العذراء تحولها خلال مرحلة العذراء للحشرة البالغة عندما ترتفع درجة حرارة التربة في الربيع والصيف التالي. ويوجد جيل واحد فقط لنحلة النوميا سنوياً في معظم شمال غرب الولايات المتحدة، ولكن يوجد جيلان أو أكثر في جنوب كاليفورنيا. وفي الظروف الاصطناعية وغرف التربية ومع زيادة درجات الحرارة يمكن أن يتواجد أربعة أجيال أو أكثر في السنة (Stehpen, 1965 and Johansen and Mayer, 1982).

وتعتبر تلبية متطلبات التربة للتعشيش الناجح من أكبر التحديات في إدارة نحل النوميا. ويفضل تحقيق أربع خصائص أساسية لموقع العش الطبيعي. فيجب أن

تكون التربة رطبة، راسخة، مُجردة وغطاؤها النباتي قليلا ويفضل أن تتكون من تربة سلتية بوجود كمية قليلة أو بدون وجود الطين وذلك لضمان تصريف جيد وحركة جيدة للمياه (Johansen and Mayer, 1982 and Stephen, 2003). وعادةً ما تكون مواقع النحل الاصطناعية أكثر إنتاجية من تلك المواقع الطبيعية (Johansen and Mayer, 1982)، ولكن وصول مواقع الأعشاش الاصطناعية إلى الإنتاجية المطلوبة والممكنة تستغرق بضعَ سنوات، وكذلك فإن استعادة هذه المواقع وإعادة تأهيلها بعد وقوع كوارث طبيعية أو من صنع الإنسان يستغرق عدة سنوات. ويبدو أن الحفاظ على مواقع العش في مستويات الرطوبة المُناسبة والمطلوبة من أكثر العوامل أهميةً وتحديداً (Johansen and Mayer, 1982).

وقد تتطلب إدارة مواقع أعشاش نحل النوميا شبه الطبيعية حفر خنادق وقنوات كبيرة مملوءة بالماء حول المواقع من أجل السماح بتسرب المياه جانبياً إلى الأرض. وقد تُجهز مواقع شبه اصطناعية في التربة العميقة بواسطة دفن صفوف من أنابيب الصرف المُثقبة خلال المواقع وتمليح سطح التربة بشدة. ويستخدم نظام الأنابيب لتوزيع كمية المياه الموصى بها والتي تصل إلى ما يقرب من ١,٩ إلى ٧,٥ مليون لتر لكل هكتار (حوالي ٢٠٠ ألف إلى ٨٠٠ ألف غالون من المياه للدونم الواحد) قبل موسم التعشيش (Johansen and Mayer, 1982). وكانت التوصيات الأولية لتهيئة مهد النحل بحفر مساحة من الأرض بما لا يقل عن ١٦٧م٢ إلى عمق ٠,٣إلى ٠,٩ متر، ومن ثم تُبطن بقطع من البلاستيك، ثم دفن المنطقة تحت مستوى ٣٠سم بالرمل الخشن أوالحصى. وبعد ذلك وضع أنابيب أسفل المزاريب عمودياً في الحصى لإنشاء نظام لإضافة المياه شبه السطحية إلى طبقة الحصى الكامنة والتي يُتوقع أن تنساب المياه منها جانبياً وتصعد مرة أخرى إلى السطح. ويردم ما تبقى من الحفرة بالتربة ويتم ضغطها (Johansen and Mayer, 1982).



الشكل (٧,١). شكل العش لُملقِحين من ملقحات البرسيم: (أ) العش الأرضي لنحل النوميا مع خلايا العش المنفصلة التي تحتوي على مؤن ويرقات بمقدارٍ كبير في أعمار مختلفة، (ب) عش التجويف لنحلة البرسيم قاطعة الأوراق مع اليرقة الأكبر عمراً في الجزء الخلفي من السلسلة الخطية للخلايا المُبَطنة بالأوراق. مقياس الرسم تقريبيّ . وعمل الرسم بواسطة James P. Pitts (جامعة ولاية يوتا، لوغان، يوتا).

وفي هذه الأيام يُنصح باستخدام طُرق أحدث وأبسط (M. Wagoner ، اتصال شخصي ، January, 2007). وأنشأ Wagoner منطقة تعشيش لنحلة النوميا في مزرعته، ويصفها بأنها تتألف من تربة سلتية وتوجد على نحو منحدر يبلغ حوالي ٧٪، وحفر Wagoner خنادقَ عمودية على منحدر الأرض بعرض يبلغ حوالي ١٥سم وعمق ٥١سم مع الحفاظ على مستوى قيعان الخندق بعكس اتجاه المنحدر. وتتباعد الخنادق ١,٨ متر عن بعضها البعض وتجري بعرض مواقع التعشيش. ووضع نسيج حاجز من الأعشاب المنفذ للماء على طول أسفل الخندق قبل تثبيت أنابيب بقطر ٥سم مصنوعة من البولي فينيل كلورايد (PVC) من خلال النسيج. ويتم تثقيب هذه الأنابيب مسبقاً من أحد الجوانب بواسطة مثقب بقطر سنتيميتر واحد وبمعدل ثقب واحد لكل ٣٠-٣٨سم على طول الأنبوب بهدف السماح للماء بالتسرب إلى داخل التربة. وتم إضافة كوع بزاوية ٤٥° في نهاية كل أنبوب وربط الكوع بأنبوب متعامد مع التربة بطول ٦١سم. ومن ثم تغطية الأنابيب بنسيج من الحشائش المنفذ للماء ومن ثم ردم الخندق بالتراب الذي تم حفره سابقاً. وحفر Wagoner على جانب واحد من منطقة التعشيش خندقا للري الذي يُمَكّن خراطيم الأنابيب العمودية سحب المياه منها، وتم وضع صمام على كل وصلة بهدف التحكم والسماح للمياه لتخرج أو تسيل في كل صف من الأنابيب. ثم يُضاف الملح (كلوريد الصوديوم) إلى سطح مواقع التعشيش سواء كانت هذه المواقع شبه اصطناعية أو حديثة التجهيز وتروى لعمق ٢٠سم من الطبقة العلوية من التربة ومن ثم تُنَعم التربة ويغلق السطح.

ويمكن أن نحصل على طور ما قبل العذراء لنحل النوميا من أماكن التعشيش هذه من خلال أخذ عينة من عمق التربة. وبالتالي إنشاء مواقع عش جديدة في أوائل الربيع، يتم وضع عينات التربة التي تحتوي على طور ما قبل العذراء في أماكن التعشيش الجديدة (عملية تطعيم). وبعد ظهور النحل الكامل من هذه الأعشاش يتم

عمل ثقوب في سطح التربة للمساعدة بزيادة التعشيش في هذه الثقوب بالإضافة إلى إعادة استخدام الثقوب الأولى (ثقوب النشوء) عدة مرات (Stephen, 2003). ومع الرعاية والصيانة المناسبة لمواقع الأعشاش، يمكن أن تبقى هذه الأعشاش الاصطناعية منتجة لأكثر من ٥٠ سنةً (Cane, 2003).

وتطَوَرت طرق بناء وتكوين الأعشاش الاصطناعية بعد سنة ١٩٦٠م (مثال: Stephen, 1959, 1960; Stepehn and Evans 1960, 1973 and Johansen and Mayer, 1982)، فعلى سبيل المثال، زُود منتجو بذور البرسيم بنظام لاستخدام المُلقحات المحلية بفعالية عالية من حيث التكلفة وبقدرة كبيرة جداً. وتبَنّى العديد من المزارعين في ولاية كاليفورنيا، إيداهو، نيفادا، أوريغون، يوتا، واشنطن ووايومنغ استخدام نحل النوميا وبدءوا بالحفاظ على مواقع تعشيش النحل في مزارعهم (Mayer and Johansen, 2003). وتعَلُم كيفية الاعتناء بنحلهم من خلال الاهتمام برطوبة التربة ومستويات ملح السطح. وزاد الوعي ونشر المعرفة بفترات ذروة نشاط النحل في مناطق المنتجين بالإضافة الى استخدام العديد من الطرق الممكنة لتأخير تفتح أزهار نبات البرسيم، بحيث يتزامن ظهور النحل مع ذروة الإزهار (Johansen and Mayer, 1982). ومع ذلك، فقد قُوض مصير إنتاج نحل النوميا تجارياً من جراء الكوارث الطبيعية وتلك النشاطات التي يقوم بها الإنسان، بالإضافة إلى اكتشاف أنواع من الملقحات الجديدة كالنحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* (Stehen, 2003). وتراجَعَ رواج نحل النوميا *N. melanderi* كملقح لنبات البرسيم ، كما سُيناقش في هذا الفصل لاحقاً.

ملقح دخيل لنبات البرسيم

نشأ النحل القاطع لأوراق نبات البرسيم *M. rotundata* من أصل أوروأسيوي وتم جمعه لأول مرة في الولايات المتحدة الأمريكية بأواخر الأربعينيات من القرن العشرين

(*Hurd, 1954 and Stephen, 2003*). وبالرغم من أن كيفية دخول هذا النوع إلى الولايات المتحدة غير واضحة إلا أن قُدرة هذا النحل الدخيل العالية فى الانتشار والتوطين أدى إلى نجاحها على مستوى الولايات المتحدة بشكلٍ كامل. وفي نهاية الخمسينيات من القرن الماضي، عندما أدرك الباحثون والمنتجون فعالية هذا الملقح، ازدهرت إدارة الملقح وإنتاجه (Stepen, 1955; Bohart, 1957 and Hobbs, 1965). فعلى سبيل المثال كانت إنتاجية البذور في كندا تصل لحوالي ٥٠كجم/هكتار بدون استخدام النحل القاطع لأوراق البرسيم ولكن مع الملقح زاد الإنتاج لحوالي ١١٠٠كجم/هكتار (Richards, 1993).

وكما هي الحال بنحل النوميا، يعتبر النحل القاطع لأوراق البرسيم نحلاً انفرادي المعيشة ولكنه ينزع إلى التواجد بأسرابٍ ومجموعات، وتمضي الحشرة الكاملة فترة حياة لعدة أسابيع خلال العام. ولكن هذا النوع من النحل يقوم بالتعشيش بأنفاق فوق التربة (الشكل ٧,١ ب). والأنفاق المناسبة للتعشيش تشمل أنفاقاً تصنعها الحشرات في جذوع الأشجار أو أعمدة الهاتف، سيقان الأشجار ذات اللب أو أغصان النباتات المجوفة أو التجاويف والثقوب الموجودة بملحقات الأبنية أو الألواح الخشبية التجارية المخصصة لتعشيش النحل وتجاويف وثقوب أخرى متنوعة طبيعية أومن صنع الإنسان بقياس قطري مناسب. النحل القاطع لأوراق البرسيم يقضي فترة الشتاء بطور ما قبل العذراء ويخرج كحشرة كاملة مع بداية الصيف عندما يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى اكتمال تطور طور العذراء. بعد التزاوج، تقوم الإناث بواسطة الفكوك بقطع أجزاء دائرية أو مستطيلة من أوراق النباتات القريبة وتقوم بتبطين الخلايا داخل العش بها. وعند تبطين الخلية يتم تزويدها بحبوب اللقاح والرحيق وبعدها يتم وضع البيضة داخل الخلية وأخيرا يتم إغلاق الخلية بالأجزاء التي يتم قطعها من النباتات. ثم تبدأ بتكوين خلية أخرى أمام الخلية السابقة حتى يتم أخيراً تكوين العديد من الخلايا داخل النفق الواحد بتسلسل خطي. البيوض الملقحة تُنتج إناثاً والتي تُوضع عادةً في الخلايا الداخلية والأكثر بعداً،

بينما البيوض الذكرية توضع في نهاية النفق الأقرب للفتحة. وذكر بأن نسبة الذكور للإناث تبلغ حوالي ٢ : ١ (Richards, 1993). على الرغم من التجارب الحديثة وَجدتُ بأن النسبة متساوية تقريباً في المجتمعات المُنْتَجَة تجارياً في الولايات المتحدة الأمريكية. ويستمر نشاط التعشيش هذا عند إيجاد نفق آخر لبدء عملية بناء عش جديد. وتستطيع الأنثى ملء العديد من أنفاق التعشيش بما يعادل ٨-١٢ خلية لكلِ نفق خلال فترة حياتها والبالغة ٤-٦ أسابيع (Richards, 1984). ويتوقف تَطَوُر معظم الحضنة في طور ما قبل العذراء مع نهاية الصيف وتبقى فى حالة سكوّن حتى الصيف القادم. ولكن بعض الأفراد لا تدخل بطور السكون وتستمر بالتطور لتصل إلى طور الحشرة الكاملة بنفس الصيف ويتزامن طيرانها مع طيران أمهاتها. إن إنتاج الحشرات الكاملة بالصيف (الجيل الثاني) تمثل حدثاً لم يحدث لمجتمعات النحل القاطع لأوراق البرسيم بالعالم القديم (Krunic, 1972; Parker andTepedino, 1982 and Richards 1984).

ومن الواضح بأن منتجي بذور البرسيم قد تحمسوا مبكراً لسهولة جذب النحل القاطع لأوراق البرسيم من أجل التلقيح. وبدأ مزارعو بذور البرسيم في شمال غرب المحيط الهادئ للولايات المتحدة برنامجا كبيراً لجذب وحصر الأعشاش في صيف سنة ١٩٦٠م (Stephen, 2003). وفي هذه السنوات المبكرة، وضع المزارعون جذوع أشجار مُثقبة، وحفر لوحات خشبية، وصناديق كثيرة من عبوات الماصات وحَفر ثقوب في المباني الملحقة بالأبنية لتشجيع دخول النحل في داخل محيط حقول البرسيم (Stephen, 1961 and 2003; Stephen and Torchio, 1961; Bohart, 1971) وقد طُورت ابتكارات عديدة لإدارة نحل أوراق نبات البرسيم على مدى الأربعة عقود اللاحقة للاستخدام التجاري (Richards Frank, 2003) ; 1984 Stephen, 1981 and Hobbs, 1967). وقد طور الباحثون ورجال الأعمال المستقلون على حدٍ سواء طرق تربية وإدارة لنحل أوراق نبات البرسيم من خلال فهم أفضل للنحل وابتكار معداتٍ أفضل مُصممة لإنتاجها

ورعايتها تجارياً. وقد كتب العديد من المؤلفين وصفاً لتاريخ حياة النحل القاطع لأوراق البرسيم (*M. rotundata*) وطرق إنتاجها وإدارتها على مر العقود، بما في ذلك Stephen (1961، 1962، 1981)، Hobbs (1967) Richards (1984) و Frank (2003).

وعمل منتجو بذور البرسيم الكنديين بجد للحصول على احتكار إنتاج النحل القاطع لأوراق نبات البرسيم (Stephen, 2003)، وهم حالياً أكبر مُوردي نحل أوراق البرسيم التي تُباع على شكل خلايا فردية أو في لوحات مليئة بالأعشاش. وقد وضع هؤلاء المنتجون أساليب للسيطرة على المرض وكذلك أساليب لإنتاجٍ فائض من هذا النحل، والتي يتم تصديرها لمنتجي بذور البرسيم في الولايات المتحدة الأمريكية، وإلى حد أقل، إلى المنتجين في البلدان الأخرى التي يجرى إنتاج بذور البرسيم فيها Donovan et al, 1982 (Qingwen et. al., 1994 and Bitner and Peterson, 2003). ويطلق على نظام الإدارة التجارية الأكثر شيوعا لهذا النوع من النحل "نظام الخلية الفضفاضة أو الحرة"، والذي يتم فيه إزالة واستخراج الخلايا من أنفاق الأعشاش ولوحات التعشيش الضخمة. ويسمح هذا النظام بالتخلص من الفضلات والطفيليات والخلايا المريضة ويسهل عملية تخزين وشحن وتحضين مريحة (Baird and Bitner, 1991 and Frank 2003).

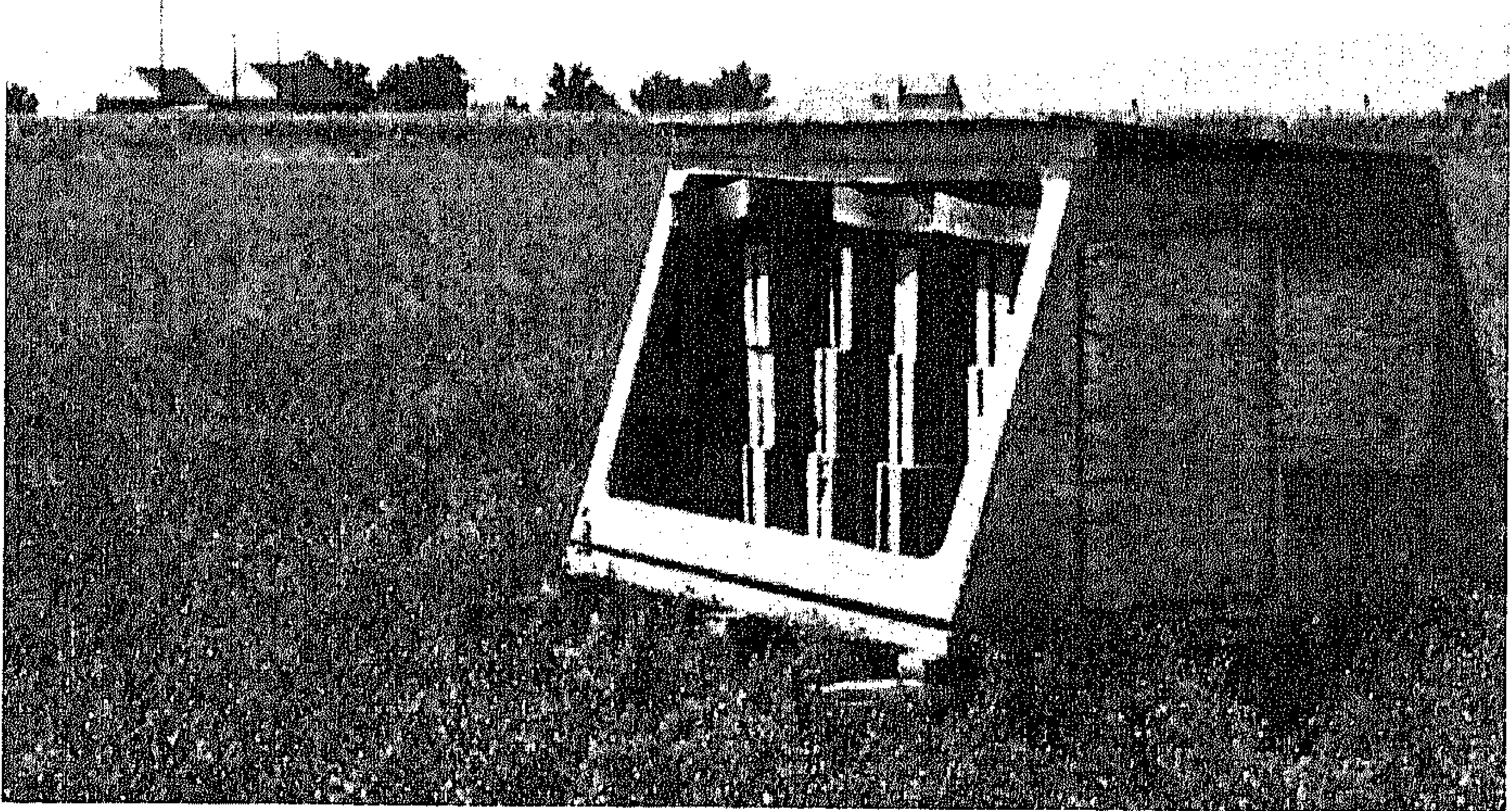
والمراحل الأساسية الأربعة لإدارة إنتاج نحل أوراق نبات البرسيم في نظام الخلية الفضفاضة أو الحرة هي: الحضانة، الإطلاق، التعشيش وإزالة خلايا طور ما قبل العذراء الحرة والعمل على تشتيتها. وهنا سيتم وصف هذا النظام بصورة عامة، على الرغم من الاختلافات القائمة بين منتجي ومربي هذا النحل. تبدأ الخطوة الأولى في الإنتاج (التحضين وخروج الحشرات الكاملة) قبل حوالي ٣ أسابيع من تفتح أزهار نبات الفصه. وتجهز خلايا النحل الحرة للحضانة عن طريق وضعها في صوان مناسبة مغطاة من الأعلى بقطع من الشاش. وتُحضّن الخلايا على درجة ٣٠°م داخل الحاضنات، وتُستخدم بعد حوالي ٩ أيام شُرائح مبيد ثنائي كلورفوس لقتل أي دبابير طفيلية صغيرة

والتي قد تظهر في هذا الوقت. وتُزال شرائط المبيد بعد حوالي أسبوع، وتتم تهوية الحاضنة قبل خروج النحل البالغ. وبعد حوالي عشرين يوماً من بداية الحضانة تبدأ عادةً ذكور النحل في الظهور، وتظهر الإناث بعدها ببضعة أيام. وبعد بداية ظهور النحل البالغ، تبدأ المرحلة الثانية للإدارة، وهي الإطلاق. وفي هذه المرحلة، تُؤخذ الصواني التي تحتوي على النحل البالغ إلى الحقول ويتم وضعها في مساكنها الخارجية.

والمساكن هي ملاجئ تُستخدم لتثبيت وحمل لوحات النحل (لوحات الخشب أو البوليسترين مع ما يقرب من ٣٥٠٠ ثقب) والتي يمكن أن تدعم تعشيش آلاف الإناث (الشكل٧,٢). وتوضع المساكن داخل أو على طول حواف حقول البرسيم. وتزال أغطية صواني التحضين (الشاش) أو تكشف جزئياً للسماح للحشرات الكاملة بالخروج والطيران بسهولة في داخل الحقول. ويتم التزاوج وتبدأ الإناث بالبحث عن أماكن التعشيش. وبمجرد أن تجد الإناث لوحات التعشيش، تبدأ بالتعشيش وتواصل إنتاج الحضنة لمدة ٤-٦ أسابيع. وعندما تجمع الإناث الرحيق وحبوب اللقاح لأبنائهن، يتم تلقيح أزهار نبات البرسيم . ولضمان تزامن تعشيش النحل مع تفتح أزهار البرسيم، يتحكم بعض المنتجين بأوقات حضانة النحل الخاص بهم بحيث يتم إطلاقه في دفعات مختلفة على مدى أسابيع عدة. وتموت نحلة أوراق نبات البرسيم البالغة في وقت متأخر من موسم التعشيش.

وتبدأ مرحلة التدابير الثالثة، حصاد الحضنة، بجمع مساكن النحل بما تحتويه من حضنة إلى منشأة تخزين مجهزة لتسهيل بلوغ الأطوار المختلفة المناسبة لمرحلة ما قبل العذراء وذلك لبدء البيات الشتوي. وبدخول موسم البرد فإن اليرقات التي لم تصل لطور ما قبل العذراء تموت بسبب البرودة. وأخيرا تُزال خلايا النحل من اللوحات. ويجب أن تكون اللوحات جافة بما فيه الكفاية حتى يتسنى إخراج الخلايا من لوحات التعشيش وتجريدها من مواد التعشيش. وقد اُخترعت أدوات لاستخراج هذه الخلايا

من أنفاق التعشيش، وهذه الأدوات لها قضبان معدنية (حسب حجم النفق) تُدرج إلى داخل أو جانب أنفاق العش لتثقب أو تدفع محتويات العش إلى الأمام خارج اللوحات. ولتجنب إتلاف الخلايا التي تحتوي على إناث النحل، تُوجه اللوحات بحيث تكون خلايا الذكور على اتصال مباشرٍ مع القضبان. وحالما تُزال خلايا النحل من لوحات العش، تُنظف أولاً، في وعاء، بحيث تُزال الخلايا التالفة والأوساخ ومن ثم تُستخدم آلات أخرى لفصل الخلايا الملتصقة عن بعضها البعض، وكذلك يُنَظِف بعض المُنتجين خلاياهم باستخدام الهواء أو يتم فصلها عن بعضها البعض باستخدام الجاذبية. وتُخزّن الخلايا الحرة في حاويات وتُبرد على حوالي ٤°م، وهي المرحلة الرابعة للتدابير. وتبقى خلايا النحل في المخازن المبردة طوال فصل الشتاء ومن ثم تُحتَضن في فصل الصيف التالي حتى يتزامن ظهور البالغين مع إزهار نباتات البرسيم.



الشكل (٧,٢). مساكن نحل أوراق نبات البرسيم على حافة حقل فصة مزهر في تريمونتون، ولاية يوتا. (Craig Huntzinger (USDA-ARS، لوغان، يوتا).

وعلى الرغم من أن بعض الدول الأوروبية تُنتج غلة بذور مُعتدلة بالمقارنة مع الإنتاج في الولايات المتحدة وكندا (انظر الجدول ٧,٢)، إلا أن نحل أوراق نبات البرسيم لم تتم تربيته على الإطلاق للتلقيح في أوروبا كما هو الحال في أمريكا الشمالية (Krunic et al., 1995 and N. Tasei, 1995 and Personal Comunications 2006).

ويُفترض بأن النحل المحلي في أوروبا يُوفر تلقيحاً كافياً لإنتاج بذور نبات البرسيم (تصل إلى ١٠٠٠ كجم/هكتار؛ Krunic, 1995 and J-N Tasei, Personal communication). وعلاوة على ذلك، فإن المناخ الأوروبي الرطب ليس على النحو الأمثل لإدارة نحل أوراق نبات البرسيم كما هو الحال في المناطق الجافة في أمريكا الشمالية (Krunic et al., 1995). وانخفضت مساحة إنتاج بذور البرسيم في أوروبا في الآونة الأخيرة بشكل كبير (وعلى سبيل المثال، انخفضت مساحة إنتاج البذور في فرنسا من ٢٥ ألف هكتار في سنة ١٩٨١ إلى ١٢ ألف هكتار في سنة ٢٠٠٥)، على الرغم من ارتفاع متوسط إنتاج محصول البذور (وعلى سبيل المثال، ازداد معدل الإنتاج في فرنسا من ٢٥٠ كجم/هكتار في سنة ١٩٨١ إلى ٤٢٠ كجم/هكتار في سنة ٢٠٠٥؛ Tasei, 1982؛ J.-N. Tasei، اتصال شخصي).

وقد ترجع هذه الزيادة في المحصول إلى تحسن استخدام المبيدات في مكافحة الأعشاب الضارة وآفات نبات البرسيم، وجنباً إلى جنب مع انتقال المنتجين إلى مناطق ذات ظروف مناخية أكثر ملاءمة لإنتاج بذور نبات البرسيم. ويبدو أن الملقحات الطبيعية هي نفسها كما كان الحال منذ ٣٠ سنةً، وبالتالي، لم يُنسب تحسن إنتاج البذور في أوروبا إلى تلقيح أفضل (J.-N. Tasei، اتصال شخصي).

الجدول (٧,٢). الخصائص الحيوية والإدارية ذات الصلة والتي تؤثر على استخدام ملقحات النحل: نحل النوميا والنحل القاطع لأوراق البرسيم، لإنتاج بذور البرسيم التجارية.

المميزات	نحل النوميا	نحلة أوراق نبات البرسيم
١- سلوك التعشيش	انفرادي، ولكن تجمّعي	انفرادي، ولكن تجمّعي
٢- تفضيل العلف	البقوليات وغيرها	البقوليات وغيرها
٣- كفاءة التلقيح	ممتازة	ممتازة
٤- الموطن الطبيعي	جنوب كندا وغرب جبال الروكي	أوروبا وآسيا؛ أدخلت إلى الأمريكتين وأستراليا
٥- مسافة السروح	حوالي ٣ أميال (٤,٨ كم)	حوالي ١ كيلومتر (١,٦ كم)
٦- المتطلبات الخاصة	التربة المناسبة ومساحة كبيرة لتّعشيش، والمياه الجوفية وسطح التربة المالحة	تعشيش المواد والمساكن الحقلية؛ ومعدات التنظيف والتخزين الحضانة؛ وأساليب مكافحة الطفيليات والأمراض
٧- الجهد الإداري	مُنخفض بعد الإنشاء الأولي	مُرتفع طوال الوقت
٨- الاستمرارية	دائمة، موقع عش النحل غير متحركة	خلايا النحل محمولة، وتعشيش المواد والمساكن
٩- التوافر التجاري	لا يوجد	كندا والولايات المتحدة
١٠- إنتاج ونقل الذرية الفائضة	ليس من السهل استخدام عينات التربة	من السهل، في لوحات أو بمثابة خلايا حرة
١١- تزامن الظهور مع إزهار المحصول	يعتمد على المكان ودرجات الحرارة الطبيعية، ويحتاج لمراقبة بشرية قليلة	يعتمد على توقيت ودرجات الحرارة الحضانة، ويمكن التعامل مع ذلك
١٢- تقدير سلالة عشائر الملقحات	من الصعب حفر التربة من أجل أخذ عينات لتقّيمها	من السهل نسبياً مع تشريح أو أخذ الأشعة السينية للخلايا الحرة وتربية بعضها لتحديد النسبة بين الجنسين
١٣- مكافحة الطفيليات والأمراض	قليلة؛ فخاخ الحواجز والشرك لخنافس ميلويد	نعم، المواد الكيميائية للدبابير المتطفلة والخنافس والمواد الكيميائية لمرض الحضنة الطباشيري
١٤- المُستعملة في المحاصيل الأخرى	لا	نعم، الكانولا، البطيخ، الجزر وربما أخرى

المعضلات على مدى العقود

نحل النوميا

وقد استخدم نحل النوميا على نطاقٍ واسعٍ في الولايات المتحدة في الستينيات من القرن الماضي، ولكن القليل من مواقع أعشاش نحل النوميا ما زال قائما حتى الآن (أقل من ٥٠٪)، ومعظمها ضمن مقاطعة والا والا في ولاية واشنطن (Mayer and Johansen 2003 and Cane, 2003). بالإضافة إلى تقارير عن وجود بعض مواقع أعشاش نحل النوميا النشطة في ولاية أوريغون وايداهو ويوتا وكولورادو ونيفادا، بالرغم من أن معظم هذه المواقع تحتوي على عددٍ قليلٍ من الإناث فقط (Rust, 2004, 2005). وقد تم التنبؤ في الوقت الذي بلغت الإثارة ذروتها حول نحل النوميا، كما توقع Bohart (1950) بزوال وانحصار هذا النوع من النحل. وسَرَدَ المشاكل الثلاثة التالية: محدودية انتشار الأنواع، عدم تزامن ظهور الحشرة البالغة مع أول تفتح لأزهار نبات البرسيم وفناءها عن طريق الطفيليات (Bohart، 1950؛ الجدول ٧,٢). ومع ذلك، فإن الانخفاض في استخدام نحل النوميا كملقحات لنبات البرسيم ترجع إلى أساليب الزراعة المُكثفة والمُتنوعة، الافتقار إلى مواقع التعشيش، سوء الأحوال المناخية، تسمم النحل مباشرة بواسطة المبيدات الحشرية، النفوق غير المباشر عن طريق تلوث المياه المُستخدمة بترطيب مواقع العش بالمبيدات الحشرية وأمراض النحل (Bohart, 1971 and Wichelns et al., 1992).

وبالإضافة إلى ذلك، قد يشكل الوجود الحالي لأنواع النحل التجارية الأخرى في حقول نباتات البرسيم تأثيراً سلبياً على نحل النوميا من خلال التنافس على المصادر الغذائية (Mayer and Johansen, 2003).

ومن الصعب تقييم نوعية وحجم مجتمعات نحل النوميا من سنة إلى أخرى. وتساعد القدرة على التنبؤ بالكثافة العددية لإناث نحل النوميا منتجي بذور البرسيم في

تحديد الحاجة لنحل إضافي لتحقيق متطلبات التلقيح لمحصول البذور. وقد تم تطوير طريقة أخذ عينات بسيطة ولكنها تتطلب عمالة كثيفة لتقدير نجاح التكاثر، فضلاً عن الوفيات الناجمة عن الأمراض الجرثومية، الذباب المتطفل، الفيروسات وكذلك الآفات المتنوعة الأخرى (Cane, 2003 and Rust, 2005). وعلى الرغم من أن أياً من الآفات والأمراض، التي ذُكرت للتو، ليست عوامل وفيات محددة وشائعة في مجتمعات نحل النوميا (Rust, 2005)، قد تُؤخذ بعض التدابير لمكافحة (وإن لم يكن القضاء على) الفطريات، والذباب المتطفل، وخنافس الفقاعة، والنملة المُخملية (Johansen and Mayer, 1982 and Rust, 2005).

وعلى الرغم من انحصار الاهتمام بنحلة النوميا في الكثير من مناطق زراعة البرسيم إلا أن استخدامها لم ينته بشكل كامل. كما أن نحل النوميا من الملقحات ذات الكفاءة العالية في التلقيح المتناسق عبر حقول البرسيم الكبيرة (وعلى سبيل المثال، ١٦٠ هكتاراً)، وليس فقط في المناطق القريبة من مواقع تعشيش نحل النوميا (Cane, 2007).

ويواصل مزارعو بذور البرسيم اليوم من مقاطعة والا والا الحفاظ على أراضيهم لتعشيش نحل النوميا ويعتمدون على هذه النحلة لإنتاج بذور البرسيم (Cane, 2003). ويستخدم بعض هؤلاء المزارعين وبشكل تكميلي مجتمعات نحل أوراق نبات البرسيم لإتمام عملية التلقيح، رغم أن هذا قد يحُد من الموارد المُتاحة لتكاثر نحل النوميا. وحيث إن بعض المزارعين لا يزالون يعتمدون على نحل النوميا فإن دراسة إمكانية تجديد وإنشاء مواقع عش اصطناعية (Rust, 2006) ودراسة الكثافة النحلية المطلوبة للتخزين (Cane, 2006) ودراسة الأمراض والطفيليات المرتبطة بها ما زالت مطلوبة ومبرَرَة (Rust, 2004, 2005, 2006).

وعلاوة على ذلك، درس Rust (2004 و2005) الفروق في الحجم والتطور وخروج الحشرات الكاملة، ونفوق نحل النوميا من مناطق مُختلفة لغرب الولايات المتحدة تُربى فيها نحلة النوميا في ظروف المختبر. وقد يؤدي هذا البحث إلى فهم أفضل

للتكيف مع المناخ المحلي والابتكارات في مجال التعامل أو دراسة العوامل التي من شأنها أن تسهل الاستخدام التجاري لنحلة النوميا في المستقبل.

النحلة قاطعة أوراق نبات البرسيم

بعد أكثر من أربعة عقود لإدارة نحلة أوراق نبات البرسيم لإنتاج بذور البرسيم في الولايات المتحدة وكندا، لا تزال هناك مشاكل في الحفاظ على مجتمعات النحل الصحية في المستوى المطلوب للتلقيح وعلى نطاق واسع. وعلى الرغم من التوصيات المبكرة بإطلاق حوالي ٥٠ ألف نحلة/هكتار (Richards, 1984)، إلا أن المزارعين اليوم يطلقون ما يقارب ١٠٠ ألف إلى ١٥٠ ألف نحلة/هكتار (Pitts- Singer and James، 2002-2005، لم تنشر بيانات المسح). وفي الولايات المتحدة، فإن عدد الأعشاش وخلايا الحضنة السليمة التي يتم جمعها في نهاية الموسم تقل دائماً عن عدد النحل البالغ الذي يتم إطلاقه في بداية الموسم. والأسباب الرئيسية لعدم وجود ذرية سليمة كافية من حيث العدد ترجع إلى حدوث ما يسمى "بكُرة حبوب اللقاح"، بالإضافة إلى تكلس الحضنة الطباشيري، وخروج حشرات لم تدخل طور السكون في فصل الصيف، والإصابة بالحشرات والطفيليات المختلفة (Pitts-Singer and James, 2002-2005 بيانات المسح غير منشورة). ويُستخدم مصطلح "كرة حبوب اللقاح" لوصف الخلية التي تحتوي على كمية زائدة من حبوب القاح والرحيق في الوقت الذي ينبغي أن يُستهلك بالكامل من قبل اليرقة النامية. ويمكن لمثل هذه الخلايا أن تكون مسؤولة عما يصل إلى ٦٠٪ من الخلايا التي ينتجها مجتمع الحشرة (Bohart, 1971). ويكشف فحص هذه الخلايا عن أن بعضها على ما يبدولم يوضع بها بيض على الإطلاق، وتحتوي بعض الخلايا على بيض أو يرقات ميتة، بعضها مصاب وممتلئ بفطريات رمية (Pitts-Singer, 2004). ولا يزال سبب أو أسباب حدوث ذلك مجهولة. وتشمل النظريات المُقترحة لتفسير وجود خلايا بدون حضنة، وخلايا مع البيض الميت ويرقات صغيرة، أو احتياطي الخلية التي يستهلكها الفطر، الظروف المناخية داخل العش،

والمحيطة بخلايا العش بالإضافة إلى زيادة الكثافة العددية بمجتمع الحشرة والذي يؤدي إلى استنزاف سريع للمواد الغذائية داخل خلية العش.

تكلس الحضنة الطباشيري هو مرض فطري يصيب يرقات نحل أوراق نبات البرسيم، ويسببها فطر *Ascosphaera aggregata* والذي يمكن اكتشافه في اليرقات القديمة (انظر الفصل الثامن من هذا الكتاب). وقد اُكتشف فطر *Ascosphaera aggregate* في الولايات المتحدة سنة ١٩٧٥م في مجتمعات نحل أوراق نبات البرسيم في ولاية نيفادا. بحلول سنة ١٩٧٧م، ٥٠٪ من عينات يرقات النحل في ولاية نيفادا كانت مصابة، فضلاً عن ٤٠٪ في ولاية أيداهوواوريغون و٢٠٪ في واشنطن (McManus and Youssef, 1984 and Vandenberg and Stephen, 1982). وقد طُورت تقنيات، وتُستخدم اليوم في نظام الخلية الفضفاضة لتقليص انتشار تكلس الحضنة الطباشيري (Richards, 1984 ، الفصل ٨، هذا الكتاب)، ولا يزال هذا المرض شائعاً في الولايات المتحدة.

ويشار إلى أفراد نحل أوراق نبات البرسيم البالغة والتي تخرج بنفس الصيف ويبدون قضاء لفترة البيات الشتوي بالجيل الثاني للحشرة. وعلى الرغم من أن إناث الجيل الثاني يمكن أن تُضاف إلى مجتمع الملقحات في الحقل إلا أنها عادة ما تموت أو تغادر الحقل بسبب نقص الأزهار، أو أن حضنتها تموت لأنها لا تمتلك الوقت الكافي للتطور لمرحلة ما قبل العذراء لتمضية البيات الشتوي. ويُعتقد بأن خاصية وجود الجيل الثاني له سمة وراثية (Krunic, 1972 and Parker and Tepedino, 1982). ومع ذلك، فإن حقيقة أن معظم نحل الجيل الثاني يخرج من الخلايا التي تُكمل تطورها في وقت مبكر من نفس الموسم إلا أن عنصر البيئة يمكن أن يكون معنياً أيضاً (Krunic, 1972). ونحتاج إلى بحثٍ أكثر لفهمٍ دقيق حول أسباب وكيفية ظهور الجيل الثاني.

ويمكن للطفيليات والآفات الأخرى أن تضع عبئاً ثقيلاً على نحل أوراق نبات البرسيم (Eves et al., 1980; Richards, 1984; Woodward, 1994 and Frank 2003)، وتتسبب بموت أكثر من ٢٠٪ من اليرقات في نهاية موسم التعشيش (Tasei and Carre,

1982 and Pitts-James 2002-2005 ، لم تنشر بيانات المسح). وأهم الآفات هي دبابير متطفلة صغيرة من عائلة Chalcidoidae ، والتي يمكن السيطرة عليها باستخدام المصائد الضوئية والمبيدات الحشرية خلال فترة حضانة نحلة أوراق النبات ، ولكن ليس خلال موسم التعشيش. ويمكن استخدام المصائد أيضا خلال موسم التعشيش للسيطرة على الدبور المتطفل الشائع *Sapyaga pumila* (Peterson et al., 1992). وتضع خنفساء الأزهار المتلونة *Trichodes ornatus* Say ، البيض في أعشاش النحل ، وتقوم يرقاتها بالتغذية على جبوب اللقاح والرحيق وبيض ويرقات النحل. وعلى الرغم من تطوير مصائد مزودة بمواد جاذبة لمكافحة خنفساء الأزهار إلا أن هذه المصائد غير منتشرة (Davis et al., 1979). ولم أتعرف على أحد يستخدمها. وتساعدنا البحوث بشأن قبول الطفيل للعائل وتميزه على فهم الآليات التي تشارك في تطفل غشائية الأجنحة على نحل أوراق نبات البرسيم ، ولكن لا يجري العمل في الوقت الراهن حول كيفية استخدام هذه المعلومات لمكافحة هذه الآفات (Tepedino, 1988a and 1988b).

وبالإضافة للاهتمام بأعداد نحل أوراق نبات البرسيم اللازمة للتلقيح. وتزويد حقول البرسيم بعددٍ كبيرٍ جداً منها هو النهج المتبع من قبل العديد من منتجي بذور البرسيم في الولايات المتحدة. ومع ذلك ، قد يؤدي هذا النهج إلى الاستنزاف السريع للموارد النباتية المحلية وأنفاق التعيشش المُتاحة ، مما يُخفض نجاح تكاثر النحل بصورة شاملة وزيادة انتشار النحل للبحث عن مصادر زهريةٍ بديلة. تعتمد ملاءمة هذه الإستراتيجية على المخرجات المطلوبة والمرغوبة من قبل المزارع. ويريد منتجو البذور في الولايات المتحدة الحصول على عَقْد بذور مبكر وسريع لتفادي آفات بذور البرسيم وتعظيم الغلة من بذور البرسيم الخاصة بهم. وغمر حقول البرسيم بالنحل في ذروة الإزهار ربما تكون الوسيلة لتحقيق هذه الرغبة. وفي كندا ، مع ذلك ، يمكن أن تتحقق الإنتاجية العالية من خلال إطلاق أعدادٍ من النحل الأكثر ملاءمة للموارد المُتاحة في المناطق التي تُعتبر فيها بذور البرسيم سلعة أقل ربحاً.

وأخيراً، الاستخدام الأكثر أمانا للمبيدات الحشرية خلال موسم زراعة البرسيم هو الاعتبار الثابت. ويتطلب إنتاج محصول جيد من بذور البرسيم، استخدام المبيدات في مكافحة الأعشاب الضارة والآفات المفصلية مثل البق *من جنس Lygus*، المن، سوس البرسيم والحلم (Frank, 2003). وقد قدم Johansen وزملاؤه (1983) وMayer وJohansen (1999) أبحاثاً مرجعية حول الآثار المختلفة لاستخدام المبيدات الحشرية على النحل. وتكشف الدراسات التي أجريت في المختبرات والحقل على حدٍ سواء أن نحل أوراق نبات البرسيم، ونحل النوميا، والنحل الطنّان، ونحل العسل تتأثر بشكل متباين بالمبيدات الحشرية اعتماداً على عوامل مختلفة مثل نوع التعرض للمبيد، والظروف البيئية، هيئة المبيد وتجهيزه، الجرعة المستخدمة، طريقة الرش وطور وعمر النحلة (Johansen et al., 1983 and Frank, 2003 and Riedl et al., 2006). ويواصل الباحثون تحديد تأثيرات المواد الكيميائية والتركيبات الجديدة على موت نحل أوراق نبات البرسيم، فضلاً عن الآثار غير المُمِيتة المترتبة على نشاط السروح، وبناء العش، ونجاح التكاثر (Barbour et al., 2004).

المشاريع المستقبلية

إن مستقبل نحل النوميا لتلقيح البرسيم بشكلٍ تجاري يعتمد على هؤلاء الأشخاص الملتزمين بالحفاظ على مواقع التعشيش وتوفير مصادر زهرية كافية للحفاظ على مجتمعات الحشرة (Johansen and Mayer, 2003). وكما اقترح Wichelns وآخرون (1992) بأن التغيرات في الممارسات الزراعية المرتبطة بالمحاصيل والمطلوبة للحفاظ على نحل النوميا قد تكون مسؤولة جزئياً عن تراجع مجتمعات النحل. وعلى الرغم من رضى المزارعين الذين يستخدمون نحل النوميا بالتلقيح، إلا أن سوق بذور البرسيم قد لا يحافظ على الأجيال القادمة من منتجي البذور الذين يستمرون في زراعة الأراضي ورعاية للنحل معاً. ولا تقوم الشركات الكبرى في إنتاج نحل النوميا تجارياً وتعزيز

ودراسة إمكانية استخدامه على محاصيل أخرى أيضاً. واحتمال واحد على كل حال، هو استخدام هذا النحل لتلقيح بذور الأزهار البرية، كما نُوقش في الفصل الرابع من هذا الكتاب.

وإنه لمن المؤسف تضاؤل التركيز على استخدام نحل النوميا الممتاز في تلقيح نبات البرسيم. ومما لا شك فيه أن نجاح إدارة نحل أوراق نبات البرسيم للتلقيح لعب دوراً رئيسياً في الحد من استخدام نحل النوميا. والزراعة هي عمل تجاري، ويجب أن يسعى المنتجون للحصول على عوائدَ عالية، حتى على حساب المدخلات العالية. ويُعتبر استخدام نحل النوميا أكثر فعّاليةً من حيث التكلفة بمجرد تأسيس وإنشاء مواقع ملائمة للتعشيش، حيث إن تكلفة صيانتها والعناية بها خلال العام أقل من تكاليف إدارة والحفاظ على أوراق نبات البرسيم. ومع ذلك، ليس كل شخص قادرا على خلق والحفاظ على مواقع التعشيش وليس كل موقع يمكن تكْيّيفه ليصبح ملائماً للتعشيش. وفي النهاية، معظم منتجي بذور البرسيم اليوم يفضلون استخدام نحل أوراق نبات البرسيم جزئياً وذلك لإمكانية إدارة هذا النوع من النحل في مناطق لا تعتبر فيها التربة والظروف البيئة مثالية لتربية وتعشيش نحل النوميا. وإذا قارن أحد الأشخاص الخصائص التجارية لهذين النوعين من النحل، وربما هناك ما يُبرر هذا التفضيل (انظر الجدول ٧,٢) فإن استخدام نحل النوميا كملقحات لها مزاياه أكثر من استخدام نحل أوراق نبات البرسيم فقط في انخفاض تكلفة المجموعات بعد إنشائها الأولي وديمومتها المُحتملة بمجرد أن تصبح مُنتجة. وجميع المزايا الأخرى تعزز استخدام نحل أوراق نبات البرسيم. وحتى يتم تطوير أساليب مبتكرة وأكثر كفاءة وجديدة، فإنه من غير المرجح زيادة الطلب على نحل النوميا لتلقيح البرسيم.

وفي الزراعة الحديثة في أمريكا الشمالية قد يكون هناك سبب للقلق حول الانتشار الواسع للاعتماد على نحل أوراق نبات البرسيم لإنتاج بذور البرسيم. وينبع هذا القلق من اعتماد منتجي بذور البرسيم بالولايات المتحدة اعتماداً كبيراً على كندا

كمنتج رئيس لهذا النحل. وإذا حدثت كارثة لتؤثر تأثيراً سلباً على إمدادات النحل (وعلى سبيل المثال، الإصابة بالأمراض الوبائية التي لا يمكن السيطرة عليها أو الظروف المناخية خلال موسم التعشيش)، فلا تتوافر مُلقحات بديلة مُتاحة لتحل محل نحل أوراق نبات البرسيم. واحتمال آخر هو أن المنافسة لتوريد نحل أوراق نبات البرسيم لمحصول آخر (وعلى سبيل المثال، هجين الكانولا) يمكن أن يرفع من تكلفة نحل أوراق نبات البرسيم. وسيؤدي ارتفاع الطلب على النحل بفرض ضائقة مالية على منتجي بذور البرسيم في الولايات المتحدة، ومن ناحية أخرى، سوف يستفيد منتجو النحل الكنديين من خلال تعزيز القدرة التسويقية للنحل القابلة للربح. وكمثال آخر، الأخذ بعين الاعتبار مشكلة إصابة نحل العسل بحلم الفاروا *Varroa destructor* (Doebler, 2000). وهذه الأنواع من الحلم بالاضافة إلى مجموعة الأمراض والفيروسات التي تنقلها تؤثر سلباً على كمية خلايا نحل العسل القوية والتي يمكن استخدامها لتلقيح محاصيل أوائل الربيع مثل اللوز في كاليفورنيا، مما أدى إلى ارتفاع رسوم استئجار خلية النحل (Sumner and Boriss, 2006)، وربما انخفاض إنتاجية اللوزيات في المستقبل القريب. ويوجد ملقحات تكميلية وبديلة لتلقيح اللوز، نحل البساتين الأزرق (انظر الفصل السادس، هذا الكتاب)، ولكن لا يتوافر إمدادات كافية ولا تتوافر أيضاً طرق تربية وإكثار على نطاق تجاري واسع لإنتاج هذا النوع من الملقحات.

ويجري استخدام نحل أوراق نبات البرسيم في وقتنا الحاضر كملقحات لتهجين بذور الكانولا (Soroka et al., 2001). وهذه الأنواع هي أيضاً فعّالة في تلقيح البطيخ (Goerzen and Mueller, 2005)، والجزر، وخصوصاً عندما تُنتج هذه المحاصيل في حقول منعزلة أومغلقة (Tepedino, 1997). وسيستمر منتجو النحل والباحثون في تحديد محاصيل جديدة يمكن تلقيحها بواسطة نحل أوراق نبات البرسيم، وبالتالي من المحتمل أن تزيد أهمية هذا النوع من النحل كملقحات. وقد تؤدي زيادة الطلب على نحل أوراق نبات البرسيم لتلقيح محاصيل جديدة في زيادة التكلفة وتقليل وفرة هذا النحل

لتلقيح نبات البرسيم في الولايات المتحدة. ولم يتضح هذا السيناريو ونتائجه بعد ولكنها قابلة للتصور.

ومن وجهة النظر غير الزراعيّة، قد يتطور وضع نحل أوراق نبات البرسيم كما هي الحال في نحل العسل ليصبح نموذجاً ومرجعاً لدراسة مجتمعات الحشرات. ويكشف العديد من الباحثين عن الخصائص الفريدة للحشرات الاجتماعية، ولكن القليل منها يبحث في بعض السمات الاجتماعية في الحشرات الانفرادية فيما يتعلق بإمكانية أن يكون مثل هذا التكيف أو السلوك مرحلة أولية من مراحل تطور الحشرة الاجتماعية الحقيقية. وقد تعزز دراسات النحل الانفرادي المتواجد في جماعات والتي تتعلق بأسلوب التعشيش وتّميز الأفراد ضمن الجماعة الواحدة وكذلك سلوك السيادة في بناء العش والسيطرة عليه، والانتقاء النوعي والتعلم، كلها خصائص يمكن أن تُعزز فَهمّنا لتاريخ تطور الحشرات الاجتماعية. وكما كشف العلماء التركيب الوراثي لنحلة العسل، وتوفرت أدوات جديدة للمقارنة بين المورثات المختلفة ووظائفها ضمن رتبة غشائية الأجنحة وبين رتب الحشرات الأخرى التي تمتلك سلوكيات متشابهة. فإن سهولة الحصول والحفاظ على نحل أوراق البرسيم *M. rotundata* جعلها خياراً واضحاً للاستخدام في الدراسات الوراثيّة والسلوكية ودراسات النشوء الأساسية. ومن مختبرات البحوث الأساسية يمكننا الحصول على فهم شامل لنحل أوراق نبات البرسيم مما يوفر أرضية خصبة لاستمرار الدراسات الزراعية لتحسين إدارة هذه النحلة وغيرها.

شكر وتقدير

أشكر James Cane، Wayne Goerzen، Rosalind James وJames Pitts على تعليقاتهم وآرائهم المدروسة بعناية لهذا الفصل. كما أشكر Jean-Nöel Tasei و Mark Wagoner للمناقشات القيمة لنحل أوراق نبات البرسيم في أوروبا والممارسات الحالية في صنع مواقع عش نحل النوميا الاصطناعية، على التوالي.

المراجع العلمية

Baird, C. R., and Bitner, R. M. (1991). Loose cell management of alfalfa leafcutting bees in Idaho (Current Information Series No. 588, 1–4). Moscow: University of Idaho Cooperative Extension.

Barbour, J. D., Gardiner, M. M., and Seymour, L. (2004). University of Idaho alfalfa seed IPM program. In Proceedings of the Northwest Alfalfa Seed Growers Conference (49), Reno, Nevada.

Batra, S. W. T. (1970). Behavior of the alkali bee, Nomia melanderi, within the nest (Hymenoptera: Halictidae). Annals of the Entomological Society of America, 63, 401–406.

Bitner, R. M., and Peterson, S. S. (2003). Introducing the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata (Hymenoptera: Megachilidae), into Australia: A case study. In K. Strickler and J. H. Cane, Eds., For nonnativecrops, whence pollinators of the future? (127–138). Lanham, MD: Entomological Society of America

Bohart, G. E. (1950). The alkali bee, Nomia melanderi Ckll: A native pollinator of alfalfa. In Proceedings of the 12th Alfalfa Improvement Conference (32–35), Lethbridge, Alberta.

----(1957). (Pollination of alfalfa and red clover. Annual Review of Entomology, 2, 355–380.

----(1971). (Management of habitats for wild bees. Proceedings of the Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control by Habitat Management, 3, 253–256, Tallahassee, FL: Tall Timbers Research Station.

Cane, J. H. (2002). Pollinating bees (Hymenoptera: Apiformes) of U.S. alfalfa compared for rates of pod and seed set. Journal of Economic Entomology, 95, 22–27.

----(2003). (Annual displacement of soil in nest tumuli of alkali bees (Nomia melanderi (Hymenoptera: Apiformes: Halictidae) across an agricultural landscape. Journal of Kansas Entomological Society, 76, 172–176.

----(2006). (Feed 'em and reap: Linking bloom, foraging tempos and reproduction by alkali bees. In Proceedings of the Northwest Alfalfa Seed Growers Conference (69), Reno, Nevada.

Cane, J. H. (2007). Return of the alkali bee as a commercial pollinator in southeastern Washington. In Proceedings of the Northwest Alfalfa Seed Growers Conference (29–30), Las Vegas, Nevada.

Davis, H. G., Eves, J. D., and McDonough, I. M. (1979). Trap and synthetic lure for the checkered flower beetle, a serious predator of alfalfa leafcutting bee. Environmental Entomology, 8, 147–149.

Doebler, S. A. (2000). The rise and fall of the honeybee. Bioscience, 50, 738–742.

Donovan, B. J., Read, P. E., Wier, S. S., and Griffi n, R. P. (1982). Introduction and propagation of the leafcutting bee Megachile rotundata (F.) in New Zealand. In Proceedings of the First International Symposium on Alfalfa Leafcutting Bee Management (212–222), Saskatoon, Canada: University of Saskatchewan.

Eves, J. D., Mayer, D. F., and Johansen, C. A. (1980). Parasites, predators, and nest destroyers of the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata (Western Regional Extension Publication No. 32. (Pullman, WA: U.S. Department of Agriculture and Washington State University Cooperative Extension Service.

Frank, G. (2003). Alfalfa seed and leafcutter bee: Productions and marketing manual. Brooks, Alberta, Canada: Irrigated Alfalfa Seed Producers Association.

Goerzen, D. W., and Mueller, S. C. (2005). Alfalfa leaf-cutting bee alternative crop pollination research in central California. In D. W. Goerzen (Ed.), Proceedings of the Saskatchewan Alfalfa Seed Producers Association Conference (19–23), Saskatoon, Saskatchewan, Canada.

Hobbs, G. A. (1965). Importing and managing the alfalfa leaf-cutter bee (Publication No. 1209). Ottawa, Ontario, Canada: Canada Department of Agriculture.

----(1967). Domestication of alfalfa leaf-cutter bees (Canada Department of Agriculture Publication No. 1313). Ottawa, Ontario, Canada: Canada Department of Agriculture.

Hurd, P. D. (1954). Distributional notes on Eutricharea, a Palearctic subgenus of Megachile, which has become established in the United States (Hymenoptera: Megachilidae). Entomological News, 65, 93–95.

----(1979). Apoidea. In K. V. Krombein, P. D. Hurd, D. R. Smith, and B. D. Burks (Eds.), Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico (vol. 2, 1741–2209). Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

International Seed Federation. (2004). Forage and turf seed market in selected countries, 2004 Retrieved March 2006, from the website of the International Seed Federation, http://www.worldseed.org/Statistics/ Forage andTurf_2004.htm.

Johansen, C., and Mayer, D. (1982). Alkali bees: Their biology and management for alfalfa seed production in the Pacific Northwest (Pacific Northwest Extension Publication No. PWN-155). Pullman: Washington State University.

Johansen, C. A., and Eves, J. (1973). Management of alkali bees for alfalfa seed production Agricultural Cooperative Extension Service Publication No. E.M. 3535). Pullman: Washington State University.

Johansen, C. A., Mayer, D. F., Eves, J. D., and Kious, C. W. (1983). Pesticides and bees. Environmental Entomology, 12, 1513–1518.

Krunic, M. D. (1972). Voltinism in Megachile rotundata (Megachilidae: Hymenoptera) in southern Alberta. Canadian Entomologist, 104, 185–188.

Krunic, M. D., Tasei, J.-N., and Pinzauti, M. (1995). Biology and management of Megachile rotundata Fabricius under European conditions. Apicotura, 10, 71–97.

Mayer, D. F., and Johansen, C. A. (1999). How to reduce bee poisoning from pesticides (Pacific Northwest Extension Publication No. PWN-518). Pullman: Washington State University.

----(2003) The rise and decline of Nomia melanderi (Hymenoptera: Halictidae) as a commercial pollinator for alfalfa. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (139–149). Lanham, MD: Entomological Society of America.

McManus, W. R., and Youssef, N. N. (1984). Life cycle of the chalkbrood fungus, Ascosphaera aggregate, in the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata, and its associated symptomology. Mycologia, 76, 830–842.

National Agricultural Statistics Service. (2005). 2004 alfalfa seed production. Retrieved March 2006 from. ---------- 2006. (Crop production 2005 summary). Retrieved March 2006 from the USDA Agricultural Statistics Board website: http://www.nass.usda.gov/wa/agri1oct.pdf.

Parker, F. D., and Tepedino, V. J. (1982). Maternal infl uence on diapause in the alfalfa leafcutting bee (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 75, 407-410.

Peterson, S. S., Baird, C. R., and Bitner, R. M. (1992). Current status of the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata, as a pollinator of alfalfa seed. Bee Science, 2, 135–142.

Pitts-Singer, T. L. (2004). Examination of "pollen balls" in nests of the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata. Journal of Apicultural Research, 43(2), 40–46.

Pitts-Singer, T. L., and James, R. R. (2005). Emergence success and sex ratio of commercial alfalfa leafcutting bees, Megachile rotundata Say, from the United States and Canada. Journal of Economic Entomology, 98, 1785–1790.

Putnam, D., Russelle, M., Orloff, S., Kuhn, J., Fitzhugh, L., Godfrey, L, et al. (2001). Alfalfa, wildlife and the environment. Novato, CA: California Alfalfa and Forage.

Qingwen, Z., Richards, K. W., Lou, K., Weiwei, Z., Shaonan, L., Yuzhen, C., et al. (1994). Introduction of alfalfa leafcutter bees (Megachile rotundata F.) to pollinate alfalfa in China. Entomologist, 113, 63–69.

Richards, K. W. (1984). Alfalfa leafcutter bee management in Western Canada (Agriculture Canada Publication No. 1495/E). Ottawa, Ontario: Agriculture Canada.

----(1993). (Non-Apis bees as crop pollinators. Revue Suisse Zoological, 100, 807–822.

Riedl, H., Johansen, E., Brewer, L., and Barbour, J. (2006). How to reduce bee poisoning from insecticides (Pacific Northwest Extension Publication No. PWN-591). Corvallis: Oregon State University.

Russelle, M. P. (2001). Alfalfa: After an 8,000-year journey, the "Queen of Forages" stands poised to enjoy renewed popularity. American Scientist, 89, 252–261.

Rust, R. (2004). Offspring production and mortality in the alkali bee, Nomia melanderi: Local versus regional patterns. In Proceedings of the Northwest Alfalfa Seed Growers Conference (39–40), Reno, Nevada.

----(2005). Management of alkali bees, Nomia melanderi for alfalfa seed production. In Proceedings of the Northwest Alfalfa Seed Growers Conference (55–65), Boise, Idaho.

----(2006). Renovation and establishment of artifi cial nesting sites for the alkali bee, Nomia melanderi. In Proceedings of the Northwest Alfalfa Seed Growers Conference (65–67), Reno, Nevada.

Sauer, J. D. (1993). Historical geography of plants: A select roster. Boca Raton, FL: CRC Press.

Soroka, J. J., Goerzen, D. W., Falk, K. C., and Bett, K. E. (2001). Alfalfa leafcutting bee (Hymenoptera: Megachilidae) pollination of oilseed rape (Brassica napus L.) under isolation tents for hybrid seed production. Canadian Journal of Plant Science, 81, 199–204.
Stephen, W. P. (1955). Alfalfa pollination in Manitoba. Journal of Economic Entomology, 48, 543-548.
----(1959). Maintaining alkali bees for alfalfa seed production (Agricultural Experiment Station Bulletin No. 568). Corvallis: Oregon State University.
----(1960). Artificial bee beds for propagation of the alkali bee, Nomia melanderi. Journal of Economic Entomology, 53, 1025–1030.
----(1961). Artificial nesting sites for the propagation of the leaf-cutter bee, (Megachile rotundata Euthicharaea), for alfalfa production. Journal of Economic Entomology, 54, 989-993.
----(1962).Propagation of the leaf-cutter bee for alfalfa production (Agricultural Experiment Station Bulletin No. 586). Corvallis: Oregon State University.
----(1965).Temperature effects on the development and multiple generations in the alkali bee, Nomia melanderi Cockerell. Entomologia Experimentalis et Applicata, 8, 228–240.
----(1981)The design and function of fi eld domiciles and incubators for leafcutting bee management (Megachile rotundata [Fabricius]) (Agricultural Experiment Station Bulletin No. 654. (Corvallis: Oregon State University).
----(2003). Solitary bees in North America agriculture: A perspective. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (41–66). Lanham, MD: Entomological Society of America.
Stephen, W. P., and Evans, D. D. (1960). Studies in the alkali bee (Nomia melanderi Ckll.) (Agricultural Experiment Station Bulletin No. 52). Corvallis: Oregon State University.
Stephen, W. P., and Torchio, P. F. (1961). Biological notes on the leaf-cutter bee, (Megachile rotundata Eutricharaea) rotundata (Fabricius). Pan-Pacifi c Entomology, 37, 85–93.
Sumner, D. A., and Boriss, H. (2006). Bee-conomics and the leap in pollination fees. Agricultural and Resource Economics Update, 9, 9–11.
Tasei, J. N. (1982). Status of Megachile rotundata F. in France. In G. H. Rank (Ed.), Proceedings of the fi rst international symposium on alfalfa leafcutting bee management (239–246). Saskatoon, Saskatchewan, Canada: University of Saskatchewan Printing Service.
Tasei, J. N., and Carré, S. (1982). Native enemies of Megachile rotundata in France. In G. H. Rank (Ed, Proceedings of the First International Symposium on Alfalfa Leafcutting Bee Management 60–64). Saskatoon, Saskatchewan, Canada: University of Saskatchewan Printing Service.
Tepedino, V. J. (1988a). Aspects of host acceptance by Pteromalus venustus Walker and Monodontomerus obsoletus Fabricius, parasitoids of Megachile rotundata (Fabricius), the alfalfa leafcutting bee (Hymenoptera: Chalcididae). Pan-Pacifi c Entomologist, 64, 67–71.
----(1988b). Host discrimination in Monodontomerus obsoletus Fabricius (Hymenoptera: Toryimidae), a parasite of the alfalfa leafcutting bee

Megachile rotundata (Fabricius Hymenoptera: Megachilidae). Journal of the New York Entomological Society, 96, 113–118.
----(1997). A comparison of the alfalfa leafcutting bee (Megachile rotundata) and the honey bee (Apis mellifera) as pollinators for hybrid carrot seed in fi eld cages: Seventh International Symposium on Pollination. Acta Horticulturae, 437, 457–461.
Vandenberg, J. D., and Stephen, W. P. (1982). Etiology and symptomology of chalkbrood in the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata. Journal of Invertebrate Pathology, 39, 133–137.
Wichelns, D., Weaver, T. F., and Brooks, P. M. (1992). Estimating the impact of alkali bees on the yield and acreage of alfalfa seed. Journal of Production Agriculture, 5, 512–518.
Woodward, D. R. (1994). Predators and parasites of Megachile rotundata (F.) (Hymenoptera: Megachilidae), in South Australia. Journal of Australian Entomological Society, 33, 13–15.

الفصل الثامن

مشكلة الأمراض عند تربية النحل البري

Rosalind R. James

عندما تنهار مستعمرات النحل فجأة

عندما يقع المرض، يمكن أن يدمر خلية النحل أو العش الذي تعيش فيه مستعمرة النحل بالكامل وكذلك الانتشار داخل منشأة تربية النحل بأكملها. وشهد نحالو العسل بالولايات المتحدة على سبيل المثال خسائر كبيرةٍ بمستعمرات نحل العسل خلال خريف ٢٠٠٦م وربيع ٢٠٠٧م. تتباين التقارير، ولكن ما يقارب من ٢٥٪ من مجمل خلايا النحل التجارية قد تكون ُفقدت خلال موسمٍ واحدٍ، مع أن بعض النحالين تعرضوا لخسارة من ٧٥ إلى ١٠٠٪ من خلاياهم (كما ذكرتDiana Cox-Foster و Jerry Bromenshenk في ورشة العمل حول خطة وزارة الزراعة الأمريكية التنفيذية فيما يتعلق بظاهرة تدهور خلايا نحل العسل في بلتسفيل، بولاية ماريلاند، ٢٤نيسان "أبريل" ٢٠٠٧م). وحصلت هذه الخسائر بخلايا نحل العسل بعد خسائر مماثلة في السنتين السابقتين. ولن تتوافق هذه الخسائر مع أي من الأسباب المعروفة لموت النحل، مثل حالات التسمم بالمبيدات، الإصابة بحلم الفاروا، ومرض تعفن الحضنة المميت الذي يصيب اليرقات، أو الموت جوعاً، والتي تحدث أحيانا خلال فصل الشتاء. وفي غياب أي تفسير واضحٍ لهذه الظاهرة تم تسمية هذه الأعراض الجديدة بظاهرة انهيار خلايا

النحل (يمكن اختصارها أحيانا بمصطلح CCD)، وأنه قد يُفسر سبب حدوثها بالإصابة بفيروس جديد (Cox Foster et al., 2007). ولماذا يتعرض مربو النحل لهذه الخسارة الفادحة والمفاجئة عندما تكون المسببات المرضية والآفات نادرة الوجود في المجتمعات الطبيعية للنحل؟ وأنا أحاول معالجة هذه المسألة هنا، فضلاً عن تزويد القارئ ببعض الفرضيات الشاملة بشأن ما يمكننا القيام به لتجنب تفشي الآفات "وانتشارها السريع" في خلايا النحل المُرباة على الرغم من بعض العثرات المرتبطة بمحاولة علاجها والتعامل معها.

تعريف أمراض النحل المعدية

إن سجلات أمراض النحل في العشائر الطبيعية شحيحة، ولكن قد يرجع ذلك إلى الصعوبات الكثيرة التي نواجهها في إيجاد النحل المريض في المجتمعات الطبيعية وليس للحالة الفعلية للإصابة بالأمراض في تلك المجتمعات. وعلى سبيل المثال فإن النحل المريض يتم عادة تميزه في حالة موت الحشرة "النحلة" أو جفافها أو عند ظهور الأعراض شديدة التأثير ولكن معظم الملاحظات والعينات التي يتم جمعها تركز على الحشرات السارحة أو التي تقوم بزيارة الأزهار. وتكون بالتالي معظم ملاحظاتنا مُركزة على النحل الأقل إصابةً وأكثر صحةً في مجتمع النحل.

ويوجد نهج واحد للعثور على الأمراض التي تحدث بشكلٍ طبيعي للنحل من خلال البحث عن الكائنات الحية الدقيقة المرتبطة إما مع مواد التعشيش أو النحل الميت الذي يُعثر عليه في الأعشاش. ولسوء الحظ، فإن التقنيات الميكروبية المطلوبة لذلك تحتاج لعمالة كبيرة ولها تحديات كبيرة، ولذلك فهي تُسفر عن نتائج قليلة على الرغم من الجهد الكبير المبذول. وعلى سبيل المثال، الطرق المُستخدمة تقوم عادةً بعزل المسببات المرضية الدقيقة هوائية النمو والتي تُربى بسهولة في المختبر على بيئات الآجار. وتستخدم الميكربات الهوائية الأكسجين للنمو. والعديد من المُسببات المرضية لاهوائية

(ولا يمكن أن تنمو في مستويات الأوكسجين العادية) أو تتطلب مستويات مرتفعة من غاز ثاني أكسيد الكربون. وتحتاج المسببات المرضة في بعض الأحيان لمتطلبات غذائية غير عادية أيضاً، ونتيجةً لذلك، من الصعب تربيتها أو أنها قد تنمو ببطء أكثر بكثير من العديد من الكائنات الدقيقة المعروفة برمية التغذية والمنتشرة في التربة والهواء. ومن الشائع وجود تلك الكائنات الحيّة الرمية بعينات النحل الميت والمواد المستخدمة ببناء العش. ونتيجة لذلك، تنمو الكائنات الحية الدقيقة الرمية بأنواعها المختلفة بسرعة وتعيق نمو أي مسبب مرضي آخر وبالتالي لا يمكن أن نعرف أبداً إن كانت هناك مسببات مرضية داخل العينة. ومع ذلك، يمكن لهذا النوع من المسوحات أن تخبرنا بأنواع الكائنات الحية الدقيقة المرتبطة مع أعشاش النحل عادةً. وعلى سبيل المثال، أجرى (Batra et al., 1973) مسحاً شاملاً للفطريات المرتبطة مع الأعشاش والنحل الميت لنحل العسل (*Apis mellifera*: Apidae)، ونحل النوميا (*Nomia melanderi*, Megachilidae) والنحل القاطع لأوراق نبات البرسيم (*Megachile rotundata*, Migachilidae) في الولايات المتحدة، وكوستاريكا، والهند. واستعاد Goerzen (1991) وInglis وزملاؤه (1992, 1993) بشكل مشابه عدداً كبيراً من الكائنات الحية الدقيقة وبشكل رئيسي الفطريات والبكتيريا، من النحل القاطع لأوراق نبات البرسيم وأعشاشها. وربّى Johnson وزملاؤه (2005) مجموعة متنوعة لفطريات من يرقات نحلة العسل التي ماتت نتيجةً للإصابة بتكلس الحضنة الطباشيري، وهو مرض يسببه الفطر *Ascosphaera apis* (مجموعة الفطريات الأسكية؛ الجدول ٨,١). ويمكن لهذه المسوحات الميكروبية أن توفر فرصاً لفهم كيف يمكن لهذه الكائنات الميكروبية الطبيعية أن تؤثر على تطور المسبب المرضي. وعلى سبيل المثال، الكائنات الميكروبية الطبيعية المرتبطة بالنحل (مثال: تلك الموجودة في الجهاز المعوي للنحل) تؤثر على حساسية ومناعة النحل للإصابة ببعض الأمراض (Gillespie et al., 2000 and Gillian et al., 1985 and 1988). وبعض هذه الميكروبات هي، إذا جاز التعبير "الموالية الحيوية" في عالم النحل.

الجدول (٨,١). أمثلة عن الأمراض المعدية في النحل.

المجموعة الجرثومية	المسبب المرضي	العائل المعروف	طور العائل الذي يتضرر	اسم المرض
الفيروسات	Acute Bee Paralysis Virus (ABPV)	– النحل الطنّان (*Bombus terrestris*) – نحل العسل (*Apis mellifera*)	الحشرة الكاملة الحشرة الكاملة	شلل النحل الحادة
	Apis Iridescent Virus (AIV)	– نحل العسل الأسيوي (*Apis florea*)	العذراء	مرض القزحية الفيروسي
	Deformed Wing Virus (DWV)	– نحل العسل (*Apis m.*)	الحشرة الكاملة	مرض تشوه الأجنحة
	Kashmir Bee Virus (KBV)	– نحل العسل (*Apis m.*)	الحشرة الكاملة واليرقات	فيروس النحل الكشميري
البكتيريا	*Paenibacillus larvae*	– نحل العسل (*Apis m.*)	اليرقات	تعفن الحضنة الأمريكي
	Spiroplasma sp.	– النحل الطنّان (*Bombus terrestris*) – نحل العسل (*Apis mellifera*)	الحشرة الكاملة الحشرة الكاملة	مرض مايوالسبيروبلازمي
	Streptococcus. Pluton	– نحل العسل (*Apis mellifera*)	اليرقات	تعفن الحضنة الأوروبي
الفطريات	*Apis Ascopheara*	– نحل العسل (*Apis mellifera*)	اليرقات	تكلس الحضنة الطباشيري
	A. aggregata	– النحل القاطع لأوراق البرسيم *Megachile rotundata*	اليرقات	تكلس الحضنة الطباشيري
	A. torchioi	– نحل النساتين الازرق *Osmia lignaria*	اليرقات	تكلس الحضنة الطباشيري
	Aspergillus. Flavus	– نحل العسل (*Apis mellifera*)	اليرقات	تحجر الحضنة
ميكروسبيروديا	*Nosema. apis* *N. bombi*	– نحل العسل (*Apis mellifera*) – النحل الطنّان (*Bombus terrestris*)	الحشرة الكاملة الحشرة الكاملة	إسهال النحل أو مرض النوزيما
وحيد الخلية	*Apicystis bombi*	– النحل الطنّان (*Bombus terrestris*)	الحشرة الكاملة	لا يوجد اسم شائع
	Crithidia bombi	– النحل الطنّان (*Bombus terrestris*)	الحشرة الكاملة	لا يوجد اسم شائع
	Crithidia bombi	– نحل العسل (*Apis mellifera*)	الحشرة الكاملة	المرض السوطي
	Monoica apis	– نحل العسل (*Apis mellifera*)	الحشرة الكاملة	مرض كريجارين

معرفة هذه المحددات لاستنباط المسببات المرضية من عينات النحل الميت أو مواد العش يوضح الحاجة إلى نهجٍ بديل لتحديد مسببات الأمراض. وهناك نهج آخر يتمثل باستخدام الاختبارات البيولوجية. فقد أجريت اختباراتٍ بيولوجيةٍ مع النحل لاختبار قابليتها للإصابة بمسببات مرضية تصيب الآفات الحشرية المختلفة. ولكن عادة ما تُنَفَذ مثل هذه الدراسات عندما يبحث الناس عن آثار استخدام المكافحة الميكروبية على الحشرات أو الأنواع غير المستهدفة. وعلى سبيل المثال، وجد الباحث Bal وزملاؤه (1994) أن تجهيزات الفطر *Metarhizium anisopliae* (Deutomycetes) يقتل نحل العسل، ولكن عندما يتم استخدامه بجرعات أعلى بعشرين ضعفاً مما كان متوقعاً لاستخدامها من أجل السيطرة على الجراد والآفات المستهدفة. وأدت معدلات التطبيق الفعلي للميكروب الحيوي إلى نفوق أقل من ١٠٪ من النحل. ووجد أن الفيروس النشط في مكافحة رتبة حرشفية الأجنحة (Nuclear Polyhedrosis Virus) (Heinz et al., 1995)، وفيروس جدري الحشرات (النطاطات) لا تُصيب النحل في الاختبارات البيولوجية، وبالتالي فإنها من المفترض أن تكون غير ممرضة. ووجد (Goerzen et al., 1995) أن فطر *Baeuveria bassiana* Deutomycetes الذي يصيب العديد من الحشرات يسبب معدل وفيات عالية عند إصابتة ليرقات نحل أوراق نبات البرسيم ولكن تجربة سلالات مختلفة من هذا الفطر أعطت نتائج متباينة على نحل العسل. وعلى سبيل المثال، تراوح مستوى وفيات النحل المُعامل بتركيز ١×١٠ ^{٥} من جراثيم الفطر بين ٣٠٪ و٧٤٪ في معاملة نحل أوراق نبات البرسيم وبين ٧٪ و٤٢٪ في نحل العسل، اعتماداً على سلالة النحل المستخدمة. وكان نحل العسل أقل عرضة للإصابة بهذا الفطر دائماً.

إن الاختبارات البيولوجية مفيدة في تقييم قدرة أي من المسبباب المرضية على إحداث المرض أو في تقييم عوامل المكافحة الميكروبية الحيوية، ولكنها ليست مفيدة لتحديد ما هي الأمراض التي تصيب النحل بشكل طبيعي. وعلاوةً على ذلك، ومن المعروف جيداً من قبل العاملين في مجال المكافحة الميكروبية للآفات الحشرية بأن

الحشرات قد تكون أكثر حساسيةً للإصابة في الاختبارات البيولوجية المخبرية عنها في التجارب الحقلية (Beegle et al., 1982; Latge et al., 1983; Inglis et al., 1997; Legaspi et al., 1999, 2000 and Wraight et al.,2000).

ومستويات الإصابة الأقل في التجارب الحقلية قد تكون ناتجة عن ضعف المسبب المرضي وعدم قدرته على الاستمرار بالحياة أو لعدم قدرته للوصول إلى العائل. وعلى سبيل المثال، قد يسود المسبب المرضي في الحقل في موقع أو مواقع ليس من المرجح للحشرة أن تتلامس معه. وبكل الأحوال يمكن التنبؤ بمدى التعرض الحقيقي للعائل ومعدلات الإصابة بدقة (Kish and Allen, 1978; Ferrandino and Aylor, 1987; Elkinton et al., 1995; Kot et al., 1996; Knudsen and Schotzko, 1999; Long et al., 2000; Klinger et al., 2006).

ويمكن أن تكون مستويات المرض المنخفضة في الحقل ناتجةً عن ظروف بيئية لا تشجع حدوث الإصابة. وعلى سبيل المثال تمنع درجة الحرارة والرطوبة في بعض الأحيان المُمرض من الدخول إلى جسم العائل (Wallis, 1957; Thompson, 1959; Steinkrause and Slaymaker, 1994; Davidson et al., 2003)، أو قد تُعزز الظروف البيئية قدرة الحشرة في مقاومة العدوى (James and Lighthart, 1992; James et al., 1998). ويكون عادةً من الصعب التميّز بين الحالتين. وعلى سبيل المثال، يمكن زيادة مستويات إصابة اليرقات بتكلس الحضنة الطباشيري عند تعريض اليرقات التى حصلت على العدوى إلى درجات برودة (Torchio, 1992; Flores et al., 1996 and James 2005a)، ولكننا لا نعرف ما إذا كانت هذه الاستجابة ترجع إلى انخفاض الاستجابة المناعية في الحشرة أو زيادة في القدرة المرضية للمسبب المرضي.

وبغض النظر، يمكن لبعض الحشرات الاستفادة من ارتفاع درجات الحرارة هذه عن طريق رفع درجة حرارة أجسامها أو درجة حرارة الخلية ككل لمكافحة العدوى وتدعى ردة الفعل هذه بالحمى السلوكية (Inglis et al., 1996 and Starks et al., 2000).

وتأتينا المعلومات المفيدة للغاية عن أمراض النحل من التعامل مع خلايا نحل العسل المرباة، والنحل الطنّان المنتج تجارياً (وخاصة *Bombus terrestris*)، ونحل أوراق نبات البرسيم. ونعرف أن الكائنات الحية المسببة للأمراض في مجتمعات النحل يمكن أن تندرج ضمن معظم المجموعات الرئيسية للكائنات الحية الدقيقة كافةً، بما في ذلك الفيروسات والبكتيريا والفطريات، والسبوريديا الجزئية والطفيليات وحيدة الخلية (انظر الجدول ٨,١)، كما هي الحال في العوامل المُسببة لأمراض الحشرات الأخرى. وعندما نربي النحل، يمكننا رصد دورة الحياة الكاملة، وإذا كنا نريد أن نبني خلايا أو مستعمراتٍ بأعدادٍ كبيرة، فيجب أن نعمل على زيادة معدلات بقاء النحل على قيد الحياة، والانتباه إلى أسباب موت النحل كأفراد خاصة للمرة الأولى. ومن خلال ذلك يمكن أن نكتشف مجموعة متنوعة من الأمراض التي تصيب النحل. كما أن تربيتنا للنحل، تعمل على زيادة كثافة هذه المجتمعات لمستويات عالية بشكل غير طبيعي مما يؤدي في حدٍ ذاته إلى زيادة انتشار المرض في الحشرات (Anderson and May, 1981 and Brown, 1987).

وقد لا تكون كثافة المستعمرة أو الخلية بأية طريقة هي العامل الوحيد في تحديد تفشي أمراض النحل. ولدى الحشرات الاجتماعية بالفعل مستعمرات بكثافة عددية كبيرة جداً، ولكن حتى الآن ليس معروفا إذا كانت هذه الحشرات أكثر عرضةً للإصابة بالأمراض من الحشرات الأخرى. وقد أظهر النمل الأبيض القدرة على مقاومة الأمراض الفطرية من خلال تنظيف نفسه من الجراثيم الفطرية (Boucias et al., 1996 and Rosengause, 2000). ويمارس نحل العسل سلوكيات اجتماعية أيضاً تعمل على تقليل حالات الإصابة بالمرض في الخلية، مثل كشف إزالة اليرقات الميتة والمريضة والبالغات الميتة (Milne, 1983; Gilliam et al., 1988; Spivak and Reuter, 2001). وبالإضافة إلى ذلك، تُنظف شغالات نحل العسل العيون السداسية (خلايا الحضنة) قبل استخدامها مرة أخرى لتربية حضنة جديدة، كما أنها تقوم بالتبرز خارج الخلية عندما يسمح الطقس. وينبغي لجميع هذه السلوكيات أن تقلل من الآفات داخل

الخلية، ولكنها ليست كافية لإبعاد جميع الأمراض المعدية. ووجد الباحث Stow وآخرون (2007) أن النحل الاجتماعي يتمتع بقدرة أكبر في مقاومة الأمراض الفطرية وذلك لأن طبقة البشرة الخارجية بالنحل الاجتماعي تحتوي على مركبات مضادة للميكروبات أقوى وأكثر من تلك الموجودة في النحل الانفرادي أو شبه الاجتماعي. وفي المقابل، ذكر Evans وآخرون (2006) أن لدى نحل العسل نحو ثلث عدد موروثات الاستجابة المناعية المعروفة عند الذباب المنزلي والبعوض. فهي توحي أن لدى نحل العسل إما أنظمة دفاع جرثومية مضبوطة بعدد قليل جداً من المورّثات إلى حدٍ بعيد أو تعتمد اعتماداً كبيراً على سلوكيات الخلية كوسيلة دفاع ضد الأمراض.

وقد يلعب التنوع الوراثي دوراً في حساسية مستعمرة أو خلية النحل للإصابة بالآفات أيضاً. وتذهب ملكات نحل العسل الجديدة في رحلة تزاوج واحدة خلال حياتها، ولكنها قد تتزاوج مع عدد متغير من ذكور النحل. وتُنتج الملكات التي تتلقح مع ذكور عدة (تعدد الذكور) شغالات لديها تنوع وراثي أكبر من الملكات التي تتلقح من ذكر واحد فقط. ووجد الباحث Palmer و Oldroyd (2003) أن هذا التنوع أدى إلى مستعمرة نحل ذات مقاومة أكثر لتفشي المرض. ومع ذلك، يُفضل بعض أنواع النحل الطنّان تعدد الذكور أيضاً، إلا أن عدد الذكور التي تتزاوج مع الملكة قد لا تلعب دوراً حاسماً في مقاومة النحل الطنّان للأمراض (Ruiz-Gonzales and Brown, 2006). ولماذا يُعزى للتنوع الوراثي أهمية أكثر في أحد أنواع النحل الاجتماعي وليس الآخر، غير واضح. وربما يرجع ذلك إلى أن حجم مستعمرة نحل العسل أكبر بكثير من النحل الطنّان أو لأن استجابة جهاز المناعة في النحل الطنّان قد تكون عامة ومتشابهة لمعظم المسببات المرضية وأقل تكيفاً لمسببات أمراض محددة. ويعني ذلك أن نظام المناعة في نحل العسل يستطيع تحديد أنواع العدوى الناجمة عن مسببات أمراض مُحددة، فيما يستجيب النحل الطنّان بنفس الكيفية لوجود أي مسبب مرضي في الجسم وبالتالي لديه استجابة أقل تنوعاً للمسببات المرضية. ولا تعدو هذه الأفكار والنظريات إلا تكهنات محضة في هذا الوقت.

ويُركز معظم هذا النقاش حول ردود الفعل للتهديدات المرضية على مستوى خلية النحل، ولكن من المهم والمقلق أيضاً في تربية النحل هو الوقاية من الآفات التي تنتشر من عش إلى آخر ومن خلية إلى أخرى، سواء كان ذلك بين خلايا نحل العسل، ومستعمرات النحل الطنّان أو أعشاش النحل الانفرادي. ولا يُعرف سوى القليل عن طُرق انتقال المرض بين مستعمرات النحل، وسيكون لمستوى انتشار المرض الأثر المحتمل الأكبر في قدرتنا على تربية النحل.

الحاجة إلى إستراتيجيات مكافحة الأمراض

ماذا يحدث عندما لا نشغل أنفسنا بمكافحة الأمراض في نظم إدارة النحل النامية؟ تاريخياً، تجاهل قدرة الآفات عند محاولتنا تأسيس منحل جديد أو انتقال النحل لقارة جديدة يؤدي عادة إلى إنتاجية جيدة لسنوات قليلة قبل أن يؤدي المسبب المرضي في نهاية المطاف إلى كارثة. وعلى سبيل المثال، تُعتبر أُوروبا وإفريقيا البيئة الأصلية لنحل أوراق نبات البرسيم (Friese, 1898 and Enkulu, 1988) وقد تم إدخالها فجأةً إلى الولايات المتحدة (Hurd, 1954). لتحسين التلقيح بهدف إنتاج بذور البرسيم، وقد تم إكثار وإنتاج هذا النوع من النحل بشكل منظم من ببين مجتمعات النحل البري المختلفة في غرب الولايات المتحدة، بدءاً من الستينات من القرن الماضي (Stephen and Torchio, 1961). ولسوء الحظ، لم تُتخذ أية تدابير خاصة لمنع الانتشار الشامل لمسببات الأمراض المرتبطة بهذا النوع من الملقحات حتى بعدما طُورت طرق التعشيش الشامل وزاد إنتاج مجتمعات النحل هذه بكثافة عالية جداً، ومرة أخرى لم تُتخذ أية تدابير لمنع انتشار المسببات المرضية.

وخلال عمليات الإكثار الأولية لم يُعرف أي مرض يصيب هذا النحل. وفي عام ١٩٧٢م تم التعرف على أحد الفطريات الأسكية *Ascosphaera aggregata* مسبباً لمرض الحضنة الطباشيري لنحل أوراق نبات البرسيم في إسبانيا، وفطريات أخرى تابعة لنفس

الجنس *A. proliperda*، مسببةً نفس المرض في نوع من أنواع النحل المرتبطة بشكلٍ كبير مع نحل أوراق نبات البرسيم *M. centrus* في الدنمارك (Skou, 1975). وفي نفس الفترة تقريباً، حدث تفشٍ حاد لمرض غير معروف أصاب نحل أوراق البرسيم المُربى في الولايات المتحدة. وقد عُرف أخيراً أن هذا المرض هو تكلس الحضنة الطباشيري ويسببه الفطر *Ascosphaera aggregata* (Skou, 1975). وتكلس الحضنة الطباشيري هو مرض فطري يصيب نحل العسل وقد وُصف لأول مرة عام ١٩١٦م (Maassen, 1916). وفي نحل العسل، يُسبب هذا المرض الفطر *Ascosphaera apis* وكذلك *A. major* (والذي اعتقد في بادئ الأمر بأنه إحدى سلالات الفطر *A. apis*) بالإضافة إلى الفطر *Bettsia alvei* المرتبط إلى حدٍ بعيد بفطر *Ascosphaera* (وهي في المقام الأول فطريات رمية تتغذى على حبوب لقاح نحل العسل في الخلية). وقد تم تعريف نوع آخر من فطريات الجنس *Ascosphaera* spp يصيب نحل أوراق نبات البرسيم، ولكن من تجربتي الشخصية فإن الغالبية العُظمى من العدوى يسببها الفطر *Ascosphaera aggregata* وبدرجة ثانية *A. proliperda* والذي يتواجد عادة مع فطر *A. apis* كإصابة ثانوية.

ولم يتم تحديد مصدر الإصابة الأولية أبداً بفطر *Ascosphaera aggregata* وفطر *A. proliperda* في مجتمعات نحل أوراق نبات البرسيم في الولايات المتحدة الأمريكية، ولكن من المحتمل أن هذه الفطريات قد دخلت من أوروبا مع مجتمعات نحل أوراق البرسيم. عندما تم إدخال هذا الملقح إلى كندا فإن خطورة هذا المرض كانت معروفة وبالتالي تم تنفيذ إستراتيجيات المكافحة. فعلى سبيل المثال، تم إدخال الأصول الخالية من المرض وتم فحص الشرانق سنويا للتأكد من خلوها من الأمراض ومن ثم التخلص من الشرانق المصابة، كما أن الحجر الصحي في كندا أفضل منه في الولايات المتحدة الأمريكية. وفي هذه الأوقات يقوم مربو النحل الكنديون بتعقيم قواعد وملاجئ الخلايا بالإضافة إلى الشرانق. (Frank, 2003 and Hobbs, 2003). ونتيجة لذلك فإن الإصابة بمرض تكلس الحضنة الطباشيري في كندا أقل من ٥٪ وعادة أقل من ١٪ بينما الإصابة

بالولايات المتحدة الأمريكية تتراوح حالياً بين ١١-٣٦٪ (James and Pitts-Singer دراسة غير منشورة) وهي مماثلة لنسب الإصابة التي تم الحصول عليها في كليفورنيا عام ١٩٧٧م (Hackett, 1980).

وباختصار فإن انتشار مرض تكلس الحضنة الطباشيري في الولايات المتحدة ربما لم يتطور للحالة الوبائية منذ اكتشافه لأول مرة في ولاية كاليفورنيا بعام ١٩٦٨م وانتشاره الوبائي الأول في موسم ١٩٧٠-١٩٧١م (Rose and Christensen, 1984) وتم انتشاره بشكل واسع وكبير في الولايات المتحدة بحلول عام ١٩٧٥م، ولكنه لم يصل أبداً للحالة الوبائية في نحل العسل كالتي أحدثها مع نحل أوراق نبات البرسيم، مؤكدا بأن حدوث الإصابة وبشكل وبائي أمر لا مفر منه. أسباب الاختلاف في إصابة المرض لكلا النوعين من النحل سيتم مناقشتها لاحقاً.

بعض القضايا الخاصة المرتبطة بمكافحة أمراض النحل

إن أكثر خط مواجهة واضح ضد الأمراض والآفات التي تصيب النحل هو معالجة هذه الخلايا سريعاً عند اكتشاف الإصابة. ولسوء الحظ فإن معالجة خلايا ومستعمرات النحل ليست سهلة، وحتى مع الحالات النادرة التي يتوفر فيها العلاج. وأولى المسائل التي يجب التعامل معها هي كيفية معالجة الخلايا. أفراد النحل عادة يصعُب علاجها فردياً لأن أعدادها كبيرة جداً، أو أنها غير قابلة للعلاج (مثلا: اليرقات تكون داخل العيون السداسية المغلقة أو داخل الشرانق) مما يمنع من معالجة الأفراد المريضة، نستطيع معالجة جميع أفراد مجتمع الخلية بتقديم العلاج من خلال التغذية أو من خلال معالجة الخلية بالكامل. طريقة العلاج هذه مناسبة جداً للحشرات الاجتماعية كنحل العسل والنحل الطنّان. فمثلاً يمكن إضافة المضادات الحيوية للتغذية وتقديمها للخلية أو خلطها مع السكر المطحون ورشها على الخلية لمكافحة تعفنات الحضنة ومرض النوزيما (إسهال النحل). وعلى النحال وبكل الأحوال أن يأخذ بعين

الاعتبار التوقيت المناسب للعلاج لمنع وصول العلاج إلى العسل أو منتجات الخلية الأخرى التي يستهلكها الإنسان.

العديد من النحل الانفرادي لا يحصل على تغذيته بسهولة من الغذايات في الحقل كما أنه لا يتقاسم ويتبادل الغذاء مع الأفراد الأخرى بالخلية (Trophalaxis)، كما هي الحال بنحل العسل. كما أنه من الصعب جداً معاملة يرقات النحل الانفرادي لأنها تكون بعيدة ومعزولة داخل الأعشاش أو في التربة أو في تجاويف الأشجار أو الثقوب الموجودة بلوحات النحل المعدة للتعشيش. قد يكون من الممكن أن تتم معاملة الأزهار التي يتم زيارتها من قبل إناث النحل كوسيلة لإيصال العلاج إلى اليرقات داخل العش. وقد تم تجربة هذه الطريقة من قبل Mayer وزملائه (1990) في حالة نحل أوراق نبات الفصه ولكن بدون نجاحاتٍ تذكر. ولجعل هذه الطريقة تعمل بشكل جزئي يجب إيصال كمية كافية من المادة الكيماوية لمثابر الزهرة أولحبوب اللقاح والرحيق التي يتم جمعها من قبل النحل. وإذا وجدت وسيلة معينة لذلك، فإن هناك ميزة لمعالجة النحل الانفرادي عن نحل العسل لأننا لا نقلق بشأن تلوث العسل أو منتجات النحل كالشمع المستخدم في صناعة مواد التجميل من قبل الإنسان.

وأسلوب آخر مثالي يتمثل في تطعيم النحل ضد المرض. ووجد Sadd و-Schmid Hempel (2006) أن النحل الطنّان الأوروبي (*B. terrestris*) يمكن أن يطور حماية طويلة الأمد ضد الأمراض البكتيرية إذا تعرض لإصابة خفيفة غير مميتة من المرض، ولكن لم يتم تطوير أي نوع من المطاعيم لمعالجة النحل أو أي من الحيوانات اللافقارية حسب معرفتي.

طريقة ثالثة للمكافحة تتم عن طريق انتخاب وتربية نحل مقاوم للأمراض، ولكن أيضا هنالك القليل من المعلومات حول المناعة بنحل العسل والمورثات المرتبطة بذلك. وقد حاول بعض منتجي نحل أوراق نبات البرسيم بالولايات المتحدة الأمريكية انتخاب وتربية نحل مقاوم لتكلس الحضنة الطباشيري من خلال ترك الخلايا المصابة

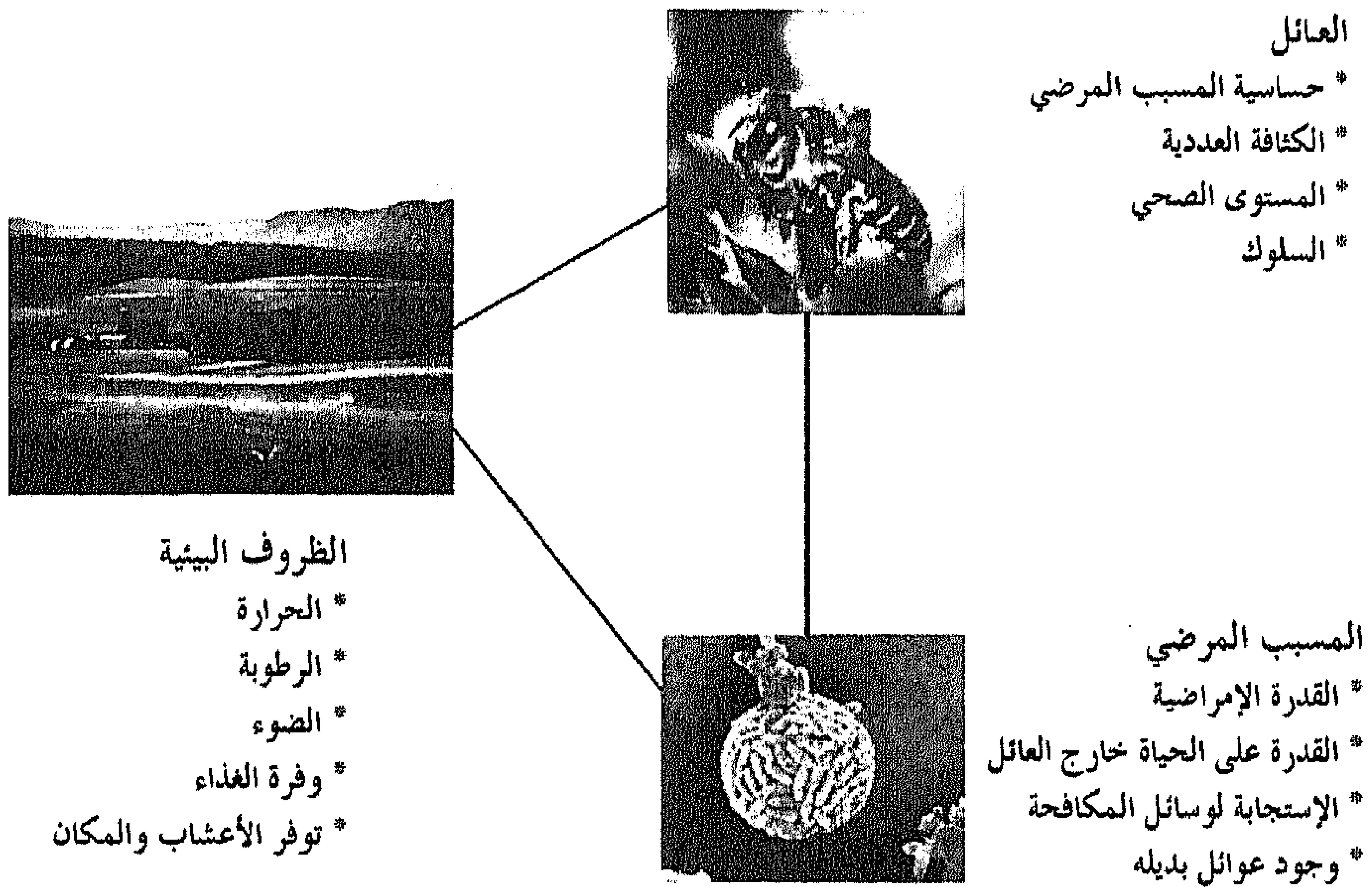
بهذا المرض بدون علاج من أجل الانتخاب الطبيعي وكذلك التوقف عن استيراد النحل من كندا أو أية مناطق أخرى فيها إصابات خفيفة من المرض. ولكن لم أستطع التأكد من فعالية هذه الطريقة. وإستراتيجية مماثلة تم استخدامها بنحل العسل ولكن بشكل رئيس لمقاومة المتطفلات مثل حلم الفاروا وحلم القصبات الهوائية. هذه الحالة يمكن أن تتطور في المستقبل كلما تطورت معرفتنا عن مناعة النحل والمورّثات المرتبطة بذلك وكذلك قدرتنا على إنتاج نحل مقاوم للأمراض.

المثلث المرضي والوبائية

إن خيارات معالجة النحل محدودة كما هي الحال في العلاجات المتوفرة للعلاج. علماً بأن هذه العلاجات تم الحصول عليها من المواد الكيماوية المستخدمة في مكافحة الآفات النباتية أومعالجة الثديات. وعلى كل حال، يوجد نهج آخر للمكافحة وذلك باعتبار دورة حياة المرض بشكل كامل وليس للنحلة أو الخلية المصابة فقط. واستخدمتُ هنا مفهوما قديما من مفاهيم علم الأمراض وهو المثلث المرضي (الشكل ٨,١). ومبدأ المثلث المرضي يتعلق أولاً: بالمرض، فالمرض لا يتواجد فقط بسبب المسبب المرضي وحده، وثانياً: يجب أن يُحدث المسبب المرضي حالةً مرضية للعائل ويؤثر به قبل حدوث المرض، وثالثاً: فإن تطور المرض وردة فعل العائل للإصابة تتأثر بالظروف الجوية. ولذلك فإن المرض يتكون من ثلاثة مكونات رئيسة: المسبب المرضي، والعائل والظروف الجوية (Stephens, 1960 شكل ٨,١). ويهدف المثلث المرضي لمساعدتنا في فهم العوامل التي تؤثر في وبائية المرض وانتشاره بشكل وبائي، وهو ما يجب أن تُعنى به أي إستراتيجية مكافحة.

إن سمات تاريخ الحياة للمسبب المرضي تُشكل العناصر التي تؤثر في وبائيته. فعلى سبيل المثال: يجب أن نسأل: ما هي الأطوار التي تُحدث الإصابة؟ ومتى توجد هذه الأطوار وهل تستطيع العيش والتواجد حرة بالطبيعة؟ وكيف ينتقل المسبب

المرضي من عائل لآخر ومن خلية لأخرى؟ وهل هناك عائل بديل مطلوب أو مستغل؟. وأيضاً من المهم معرفة القدرة المرضية للمسبب وكم جزيء نحتاج للإصابة الأولية. والظروف الجوية بدورها تؤثر في قدرة المسبب المرضي على البقاء والاستمرار وقدرته على إحداث المرض وإمكانية إنتاج أجسام وجزيئات ممرضة إضافية (الشكل ٨,١).



الشكل (٨,١). المثلث المرضي للمسببات المرضية بالنحل تتكون من ثلاثة عناصر: المسبب المرضي، العائل والظروف الجوية والتفاعل بين هذه العناصر الثلاثة. وبعض الأمثلة التي تندرج تحت ذلك العنصر والتي قد يكون لها تأثير في انتشار أو الإصابة بالمرض في مجتمع العائل.

وعناصر العائل التي تتعلق بوبائية المرض تتلخص بكثافة ووفرة العائل، حساسية العائل للمرض، السلوك المتعلق باتصال وتعرض العائل للمسبب المرضي، دورة الحياة، وجود أطوار حساسة للإصابة من العائل عند توفر جزيئات المسبب

المرضي والتركيب الوراثي للعائل (ويشمل حساسية العائل الفطرية للإصابة). والظروف الجوية تؤثر في تطور ونمو العائل، حساسية العائل وكذلك اتصال وتعرض العائل للمسبب المرضي (الشكل ٨,١).

لمكافحة مرض ما، من المهم فهم كيف تساهم عناصر المثلث المرضي في معدل انتشار المرض في مجتمع ما من النحل خلال الزمن. ولمربّي النحل تحكم بسيط بالعديد من عناصر المسبب المرضي والعائل ولكنهم يمتلكون بعض التحكم بالظروف الجوية المحيطة وبالتالي يمكنهم تغيير ومعالجة الظروف الجوية لصالح العائل، والتخلص من المرض إذا لم يكن بإمكانهم التخلص من المسبب المرضي. فعلى سبيل المثال، تحفز درجات الحرارة المنخفضة والرطوبة المرتفعة الإصابة بتكلس الحضنة الطباشيري بنحل العسل وبالتالي يمكن تجنب الإصابة بالحفاظ على الخلايا بمناطق لا تصبح فيها رطبة (مما قد يعني استخدام قواعد لرفع الخلايا أو أرضية خلايا من الشبك لمنع ارتفاع الرطوبة داخل الخلايا في بعض الأجواء) وكذلك بالحفاظ على كثافة نحلية عالية داخل الخلايا بحيث تستطيع الخلية وبسهولة ضبط وتنظيم درجة الحرارة والرطوبة داخل الخلية. عندما تنخفض الكثافة العددية في الطائفة لمستوى منخفض جداً فيجب تغيّر الملكة أو دمجها مع خلية أخرى. قدرة خلايا نحل العسل في تنظيم الظروف الجوية داخل الخلية من حرارة ورطوبة لربما هي السبب في كون تكلس الحضنة الطباشيري ليس بالظاهرة أو المرض الخطير في نحل العسل كما هي الحال في نحل أوراق نبات البرسيم. فنحل أوراق البرسيم، نحل انفرادي وليس له القدرة على تنظيم درجات حرارة العش. بالإضافة إلى أن المسبب المرضي *A. apis* الذي يصيب نحل العسل لا يُنتج جراثيم معدية كما هي الحال مع المسبب المرضي *A aggregata* الذي يصيب يرقات نحل أوراق نبات البرسيم . ومن ملاحظاتي الشخصية أن المسبب المرضي *A. aggregata* يُنتج جراثيم أكثر من يرقات نحل أوراق البرسيم من المسبب المرضي *A. apis* الذي ينتج عدداً أقل من الجراثيم عندما يصيب يرقات نحل العسل. وعندما يتطفل الفطر *A. apis* فإن جزءا فقط

من اليرقة الميتة تُنتج جراثيم المرض. على الجانب الآخر ينتج الفطر *A. aggregata* جراثيم من على معظم أجزاء يرقة نحل أوراق نبات البرسيم ، وتصبح اليرقة الميتة عادة مغطاة بالكامل بجراثيم الفطر. ويعتبر هذا على الأقل جزئياً تأثيراً بيئياً (James, 2005)، ولكن عناصر أخرى من عناصر المثلث المرضي قد تكون مهمة أيضاً.

أحيانا المثلث المرضي له بعد آخر، مثلاً كناقل للمسبب المرضي. فقد وُجد بأن حلم الفاروا ينقل العديد من الفيروسات (Chen et al., 2006) ومن المحتمل بأن هذه الفيروسات المرتبطة بالإصابة بفاروا النحل هي التي تُسبب الخسائر الكبيرة بالخلايا (Martin, 2001). ظاهرة تدهور خلايا نحل العسل (CCD) في أمريكا ارتبطت بأحد الفيروسات الذي يتواجد أيضا في خلايا سليمة وغير مصابة بحلم الفاروا تم استيرادها من أستراليا ولكنها لا تُظهر أعراضا مشابهة لحالة تدهور الخلايا. أحد التفسيرات الواضحة لانتشار ظاهرة تدهور الخلايا بالولايات المتحدة الأمريكية هو أن حلم الفاروا يعمل على تثبيط مناعة خلايا نحل العسل المصابة وربما يجعلها أكثر حساسيةً للفيروس (Cox-Foster et al., 2007). وإذا كانت هذه هي الحالة، فإن حلم الفاروا يضيف عنصراً رابعاً للمثلث المرضي في ظاهرة تدهور الخلايا ليس كناقل للمرض ولكن كآفة ثانية تؤثر على انتشار المرض.

إن إضافة ناقل مرضي أو طفيل ثان جديد مثل حلم الفاروا قد يبسط من عملية مكافحة المرض أحياناً وقد يعقدها أحياناً أخرى. فمثلا: اكتشاف أن البعوض هو الناقل للمسبب المرضي للحمى الصفراء بالإنسان سهل كثيراً مكافحة هذا المرض. برامج مكافحة وإبادة البعوض بدأت في هافانا في عام ١٩٠١م وأدت إلى التخلص من الحمى الصفراء بنفس العام. هذه الطريقة نُفذت أيضا في بنما، عندما سمحت مكافحة المرض أخيراً في تكملة إنجاز قناة بنما المعروفة، التي توقفت نتيجة إصابة عدد كبير من العمال بالملاريا (Barrett and Higgs, 2007). ولكن في حالة حلم الفاروا، لم تنجح مكافحة الناقل. وثبتت صعوبة مكافحة حلم الفاروا في خلايا نحل العسل، ولذلك

وبالرغم من أن انتشار الفيروسات يزيد بشكل كبير بواسطة حلم الفاروا، لم تؤد هذه المعرفة إلى تشجيع مكافحة المرض.

أمثلة على إدارة أمراض النحل من خلال معرفة دورة حياة المرض

إن خيارات معالجة النحل محدودة، لذلك نحتاج إلى السيطرة على انتشار المرض من خلال كسر دورة حياة المرض بطريقة أخرى. وفي هذا الجزء سوف أصف ثلاث حالات تمت الاستفادة من هذا النهج في تنفيذها: تعفن الحضنة الأمريكي بنحل العسل، مرض النوزيما بنحل الطنان، مرض تكلس الحضنة الطباشيري بنحل أوراق نبات البرسيم.

تعفن الحضنة الأمريكي

يعتبر تعفن الحضنة الأمريكي مرضاً يُصيب يرقات نحل العسل وتسببه البكتيريا موجبة الصبغة لجرام والتي تُنتج جراثيم داخلية *Paenibacillus larvae* (انظر جدول ٨,١). هذا المرض الخطير جداً ينتشر بسهولة بين الخلايا وعلى أدوات الخلية ومن خلال إعادة استخدام الأدوات الملوثة. في الولايات المتحدة، تمت مكافحة المرض باستخدام المضاد الحيوي تيرامايسين، ولكن البكتيريا طورت مقاومة للمضاد الحيوي ومنذ ذلك الوقت انتشر المرض بشكل وبائي مرة أخرى (Kockansky et al. 2001). وحتى قبل تطور حالة المناعة للبكتيريا فإن التيراماسين لم يعمل دائما على تخليص الخلية من البكتيريا (Wilson et al. 1973)، ولهذا السبب في كثير من دول أوروبا الغربية يتم مكافحة المرض من خلال حرق الخلايا المصابة بدلا من التيراماسين. وهناك يتم عادة فحص الخلايا دورياً وأي حالات مشكوك بإصابتها يتم إرسال عينات منها للمختبرات المتخصصة. وتم أيضاً بذل الجهود لتوعية النحالين في تمّيز المرض ومنع انتشار المواد الملوثة من خلية لأخرى متضمنةً التخلص من الإطارات القديمة واستبدالها

بإطارات جديدة. نجاح هذا المشروع قد يرجع لوجود عدد أقل من النحالين المتجولين في أوروبا عنه في الولايات المتحدة.

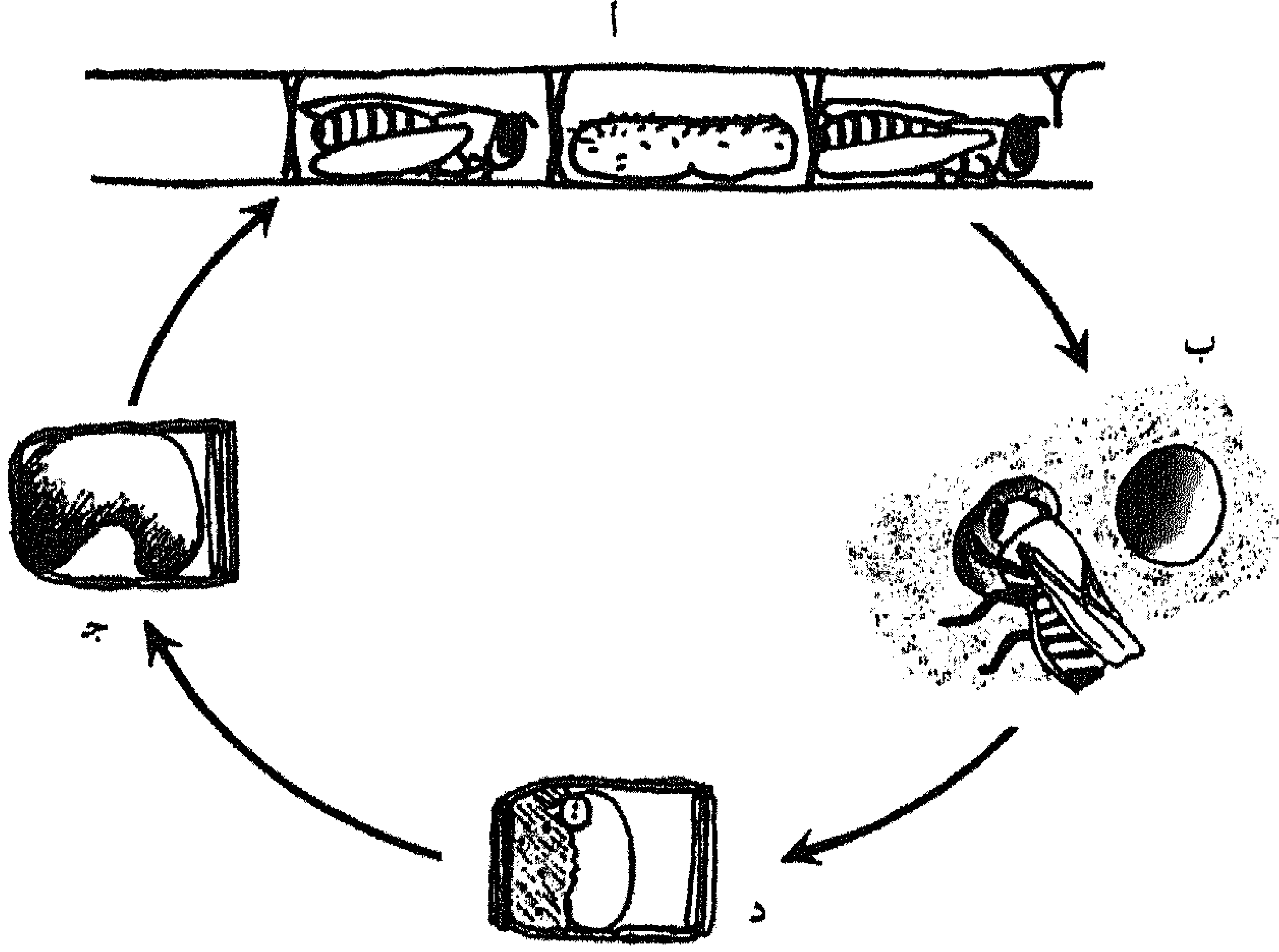
إصابة النحل الطنّان بالنوزيما

يتعلق المثال الثاني بتربية النحل الطنّان ومرض النوزيما، والذي يسببه فطر سبوري دقيق (Microsporidian) *Nosema bombi*. تم تصنيف المسبب المرضي بداية من الأوليات ولكن أعيد تصنيفه حديثاً من الفطريات (Keeling, 2002 and Adl et al. 2005). بكل الأحوال فإن إنتاج النحل الطنّان يمكن أن يتأثر وبشكلٍ كبير بمرض النوزيما. هذا المرض يسبب إصاباتٍ غير مميتة تبدأ في الملكات الحديثة. الملكات المصابة يمكنها بناء عش جديد ولكن العاملات المنتجة تخلو من النشاط والحيوية ولا تعيش لفترة طويلة. وبالتالي فإن تطور بناء العش يصبح مسألة يجب أخذها بعين الاعتبار. وكذلك فإن الخلايا الصغيرة تُنتج عدداً أقل من الملكات في نهاية الموسم والخلايا المصابة تُنتج ملكات مصابة أيضاً. تمت تربية النحل الطنّان الأوروبي *B. terrestris* وبشكل ناجح في ظروف المختبر وغرف التربية في أوروبا، ولكن تم منع إدخاله إلى الولايات المتحدة لأن هذا النوع لا يتواجد أصلا في أمريكا الشمالية. ونتيجة لذلك تم إيجاد طرق لتربية أنواع من النحل الطنّان المتأصلة في أمريكا الشمالية. *B. occidentalis* وهو نوع من أنواع النحل الطنّان المحلية في مناطق الشمال الغربي للولايات المتحدة الأمريكية ويمكن تربيته وتدجينه إلا أنه شديد الحساسية لمرض النوزيما (Velthuis and Doorn, 2006) . ونوع آخر من أنواع النحل الطنّان سهل التربية نسبياً هو *B. impatiens*، وهو أقل حساسية للإصابة بمرض النوزيما. ولذلك يُفضل تربية واستخدام نوع *B. impatients* وبيعه لمزارعي البيوت البلاستيكية بالولايات المتحدة الأمريكية. ولكن، هذا النوع لا يتواجد للغرب من جبال الروكي ولذلك فإن استخدامه محصور داخل الولايات المتحدة الأمريكية. فمثلا يمكن استخدامه وبيعه فقط شرقاً لجبال الروكي وفقط داخل البيوت المحمية المغلقة وباستخدام الحواجز

الملكية لمنع أي من الملكات من الهروب إلى البيئة الخارجية (Velthuis and van Doorn, 2006). والخوف من أن ينتشر مرض النوزيما بواسطة النحل الطنّان المربى داخل منشآت التربية إلى الطبيعة. وبالإضافة للوسائل المتبعة في منع انتشار المرض وانتقاله من منشآت التربية إلى الطبيعة، يتطلب الأمر إستراتيجيات لمكافحة المرض داخل المنشأة. وكما هي الحال بمثال تعفن الحضنة الأمريكي الذي تم ذكره سابقاً، يتم مكافحة المرض بتدمير الخلايا التي يُعتقد بأنها مصابة داخل منشأة التربية.

تكلس الحضنة بنحل أوراق نبات البرسيم

يعتبر المثالان السابقان حالات استثنائية حيث يتم تدمير الخلايا بكاملها أو حرقها لمحاولة منع انتشار المرض. في مثالي الثالث تم اتباع نهج مختلف. فكما ذكر سابقاً، يعتبر تكلس الحضنة الطباشيري مرضاً خطيراً في مجتمعات نحل أوراق نبات البرسيم في الجزء الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية، حيث يتم تربية هذا النوع من النحل لإنتاج بذور نبات الفصه (انظر الفصل السابع، هذا الكتاب). ينتشر المرض كالتالي: النحل الكامل يصبح ملوثاً وحاملاً لجراثيم المسبب المرضي عندما يخرج من العش. وما يحصل عادةً، أن العديد من النحل السليم الخارج من العش يتعرض للإعاقة من قبل أخواته من النحل المصاب والميت في المقدمة وبالتالي يجبر النحل السليم على شق طريقه خلال جثث النحل الميت لتستطيع الخروج (Vandenberg et al., 1980, شكل ٨,٢أ). الإناث الملوثة بجراثيم المرض بعد ذلك وبغير قصد تضع هذه الجراثيم مع كتلة حبوب اللقاح التي يتم وضعها لتغذية اليرقات (شكل ٨,٢ب). وعندما تتناول اليرقات الصغيرة حبوب اللقاح فإنها تُصاب بالمرض من خلال المعدة (ndenberyVandenberg and Stephen, 1982; McManus and Youssef, 1984 شكل ٨,٢ج). وبعد ذلك تموت كيرقة كاملة التطور وعندها يقوم الفطر بإنتاج الجراثيم (James, 2005a شكل ٨,٢د).



الشكل (٨,٢). دورة حياة مرض تكلس الحضنة الطباشيري في النحل القاطع لأوراق نبات البرسيم. أ: مقطع طولي لخلية عش فيها يرقة مصابة أو ميتة (في الخلية الوسطية) والتي تُغْلِق الطريق لخروج الحشرات البالغة من الخلايا الأخرى. وعندما تخرج النحلة من خلف الجثث فإنها يجب أن تمر وتَصنع طريقها عبر الجثث وبالتالي يتم تلوثها بجراثيم الفطر. ب: الحشرة الكاملة التي تحمل جراثيم المرض تقوم بنقله إلى حبوب اللقاح الذي تقوم بجمعه لتغذية الصغار. ج: اليرقة تصاب بالمرض بعد أن تتغذى على حبوب اللقاح الملوثة. د: موت اليرقة بعد أن تصل إلى الحجم الكامل وبعد ذلك يقوم الفطر بإنتاج الجراثيم.

عندما بدأتُ العمل بهذا النوع من النحل بعام ٢٠٠١م، كانت الممارسات الشائعة في مكافحة المرض في الولايات المتحدة الأمريكية مضاعفة. معظم النحالين تخلصوا من الخلايا التي تحتوي على المرض من لوحة الأعشاش وبعد ذلك فصل الخلايا عن بعضها البعض ميكانيكياً، وتحوي هذه الخلايا الشرانق في طور السكون،

والفكرة وراء ذلك هو إزالة مصدر انتشار الجراثيم، كما تم ذكره سابقاً. فصل الأطوار الملائمة للتشتية من لوحات التعشيش يسمح للنحالين بتنفيذ الخطوة التالية والتي تُعْنى بتعقيم أدوات ومواد التعشيش بواسطة الميثيل بروميد أو الفورمالديهايد (اللوحات الخشبية أو البلوستيرينية). على كل حال، فإن محاولاتهم لتعقيم لوحات التعشيش لم تنجح حتى وعندما نجحوا في بعض الحالات عندما تم استخدام لوحات جديدة فإن مستويات الإصابة بالمرض لم تتأثر (James, 2005b). ولذلك وبالرغم من هذه المجهودات فإن مستويات تكلس الحضنة الطباشيري لم تتغير عن مستوياتها قبل تطبيق مثل هذه الممارسات.

ويُعزى عدم نجاح المكافحة إلى أن إزالة الخلايا من الأعشاش لا يقضي على التلوث بالمسبب المرضي ومصدر الإصابة، على الرغم من أن الهدف من هذه الممارسات كان القضاء على مصدر الإصابة. والسبب بأن معظم اليرقات المصابة بمرض تكلس الحضنة الطباشيري تموت قبل أن تغزل الشرانق (James, 2005a)، وعند فصل الخلايا من لوحات التعشيش يتم تنظيفها من الأوساخ عن طريق تحريكها وهزها (وهذه ممارسة أخرى شائعة) ونتيجة لذلك فإن الخلايا بدون شرنقة تخرج إلى الخارج لأنها هشة وضعيفة. وبالنتيجة فإن جراثيم المرض سوف تخرج من اليرقات الميتة وتنتشر على مجموعة الخلايا الأخرى. وعندما تُنشر الخلايا على صواني التحضين، حتى يتم تحضينها بالربيع القادم فإن الحشرات الكاملة سوف تزحف على صواني التحضين ويعلق بها عدد كبير من الجراثيم (James and Pitts-Singer, 2005). ويمكن التعامل مع هذه الجراثيم بمعاملتها بالمبيدات الفطرية عند إعداد الخلايا للتحضين، وهي طريقة لتقليل الإصابة بتكلس الحضنة الطباشيري في الجيل القادم (James, 2006). ويقوم الكنديون بمعالجة جراثيم الفطر من خلال تعقيم الخلايا المنفصلة عن بعضها البعض بغاز البارافورمالديهايد(Goerzen, 1993 and Goettel and Duke, 1996) ، وحصلوا على نسبة إصابة منخفضة كما تم ذكره سابقا.

ومن النقاط المهمة هنا أن الجهود الأولى في مكافحة المرض ركزت على تعقيم مواد التعشيش، وهي ممارسة أغفلت طريقة الانتشار والانتقال الأساسية للمسبب المرضي. ومن الأخطاء المشابهة ما قد يحصل في جهودنا لمكافحة تعفن الحضنة في نحل العسل. فقد وجد Dobbelaere وزملاؤه (2001) بأن طُرق تعقيم الخلية والتي تقضي على أكثر من ٩٩,٩٪ من جراثيم البكتيريا *P. larvae* لا تستطيع مكافحة المرض والقضاء عليه. ربما إشكالات أخرى من انتقال المرض وانتشاره تلعب دوراً في استمرارية بقاء ووجود المسبب المرضي، مثلا خلايا النحل غير المصاب والتي تدخل إلى خلايا النحل المصابة في ظاهرة سرقة النحل (Fries and Camazine, 2001).

الملخص

كما هي الحال بكل الأحياء على الأرض، النحل حساس للإصابة بالأمراض، وعندما نقوم بتربيتها داخل المنشآت الصناعية وغرف التربية فإننا نزيد من كثافتها العددية لكي تلائم احتياجاتنا، هذه الزيادة في الكثافة العددية تزيد من حساسيتها للإصابة بالأمراض، وكذلك سوف تجلب انتباهنا للأمراض الطبيعية عندما نتعرض لها لأول مرة. ولذلك عند تربية النحل داخل المنشآت الصناعية (تدجين النحل) يجب الانتباه لمكافحة الأمراض. معظم الأمثلة المتعلقة بمكافحة الأمراض تم التعرف عليها من خلال نحل العسل لامتلاكنا الخبرة الطويلة بتربيتها. معظم الجهود الحديثة لمكافحة أمراض نحل العسل ركزت إما على استخدام العلاجات أو حرق وتدمير الخلية بالكامل مع كل الأدوات المرتبطة بها. ولكن أصبح من الواضح أن إستراتيجيات المكافحة ستُصبح أكثر نجاحاً عندما يتم فهم دورة حياة المسبب المرضي وأخذ ذلك بعين الاعتبار. كما هي الحال مع اكتشاف وتطبيق أنظمة الإدارة المتكاملة في مكافحة آفات المحاصيل، وسوف نحصل على أفضل نتائج المكافحة عندما لا نفكر فقط في تطبيق وسائل التخلص من الآفة وكذلك التخلص من الخلايا المصابة بحرقها على

سبيل المثال. ويجب بكل الأحوال أن نبذل جهداً في فهم طرق انتشار المرض وتحديد الوقت والمكان ضمن أُسلوب إدارة الآفة المستخدم والتي تكون به الآفة أكثر استجابةً للمكافحة، وبعد ذلك القيام بالمكافحة في هذه المرحلة، أيا كانت المكافحة: كيميائية، بيولوجية، وراثية أو غيرها.

الشكر والعرفان

الامتنان والشكر لكل من Jorgen Eilenberg, Jeffrey Pettis and Theresa Pitts-Singer للاحظاتهم على النسخة الأولية من هذا الفصل.

المراجع العلمية

Adl, S. M., Simpson, G. B., Farmer, M. A., Andersen, R. A., Anderson, O. R., Barta, J. R., et al. (2005). The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy ofprotists. Journal of Eukaryototic Microbiology, 52, 399-451.

Anderson, R. M., and May, R. M. (1981). The population dynamics of microparasites and their invertebrate hosts. Journal of Animal Ecology, 291, 451-524.

Ball, B. V., Pye, B. J., Carreck, N. L., Moore, D., and Bateman, R. P. (1994). Laboratory testing of amycopesticide on non-target organisms: The effects of an oil formulation of Metarhizium flavorviride applied to Apis mellifera. Biological Control Science and Technology, 4, 289-296.

Barrett, A. D. T., and Higgs, S. (2007). Yellow fever: A disease that has yet to be conquered. Annual Review of Entomology, 52, 209-229.

Batra, L. R., Batra, S. W. T., and Bohart, G. E. (1973). The mycoflora of domesticated and wild bees (Apoidea). Mycopathologia et Mycologia Applicata, 49, 13-44.

Beegle, C. C., Dulmage, H. T., and Wolfenbarger, D. A. (1982). Relationships between laboratory bioassay-derived potencies and field efficacies of Bacillus thuringiensis isolates with different spectral activities. Journal of Invertebrate Pathology, 39, 138-148.

Boucias, D. G., Stokes, C., Storey, G., and Pendland, J. C. (1996). The effects of imidacloprid on the termite Reticulitermes flavipes and its interaction with the mycopathogen Beauveria bassiana. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer [English ed.], 49, 103-144.

Brown, G. (1987). Modelling. In J. R. Fuxa (Ed.), Epizootiology of insect diseases (43-68). New York: Wiley.

Chen, Y., Evans, J., and Feldlaufer, M. (2006). Horizontal and vertical transmission of viruses in the honey bee, Apis mellifera. Journal of Invertebrate Pathology, 92, 152-159.

Cox-Foster, D. L., Conlan, S., Holmes, E. C., Palacios, G., Evans, J. D., et al. (2007). A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. Science, 318, 283-287.

Davidson, G., Phelps, K., Sunderland, K. D., Pell, J. K., Ball, B. V., Shaw, K., et al. (2003). Study of temperature-growth interactions of entomopathogenic fungi with potential for control of Varroa destructor (Acari: Mesostigmata) using a nonlinear model of poikilotherm development. Journal of Applied Microbiology, 94, 816-825.

Dobbelaere, W., de Graaf, D. C., Reybroeck, W., Desmedt, E., Peeters, J. E., and Jacobs, F. J. (2001). Disinfection of wooden structures contaminated with Paenibacillus larvae subsp. Larvae spores. Journal of Applied Microbiology, 91, 212-216.

Elkinton, J. S., Dwyer, G., and Sharov, A. (1995). Modeling the epizootiology of gypsy moth nuclear polyhedrosis virus. Computers and Electronics in Agriculture, 13, 91-102.

Enkulu, L. (1988). Les Megachiles (Hymenoptera, Apiodea) d'Europe et d'Afrique. Doctoral dissertation, Faculté des Sciences Agronomiques de L'Etat, Gembloux, Belgium.

Evans, J. D., Aronstein, K., Chen, Y., Hetru, C., Imlert, J.-L., Jiang, H., et al. (2006). Immune pathwaysand defense mechanisms in honey bees Apis mellifera. Insect Molecular Biology, 15,645-656.

Ferrandino, F. J., and Aylor, D. E. (1987). Relative abundance and deposition gradients of clusters of urediniospores of Uromyces phaseoli. Phytopathology, 77, 107-111.

Flores, J. M., Ruiz, J. A., Ruz, J. M., Puerta, F., Bustos, M., Padilla, F., et al. (1996). Effect of temperature and humidity of sealed brood on chalkbrood development under controlled conditions. Apidologie, 27, 185-192.

Frank, G. (2003). Alfalfa seed and leafcutter bee productions and marketing manual. Brooks, Alberta, Canada: Irrigated Alfalfa Seed Producers Association.

Fries, I., and Camazine, S. (2001). Implications of horizontal and vertical pathogen transmission for honey bee epidemiology. Apidologie, 32, 199-214.

Friese, H. (1898). Die Bienen Europa's (Apidae eropaeae). Theil V. Solitare Apiden: Genus Lithurgus Genus Megachile (Chalkbicodoma). Innsbruck, Austria: Durck Lampe.

Gillespie, J. P., Bailey, A. M., Cobb, B., and Vilcinskas, A. (2000). Fungi as elicitors of insect immune responses. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 44, 49-68.

Gilliam, M., Buchman, S. L., and Lorenz, B. J. (1985). Microbiology of the larval provisions of the stingless bee, Trigona hypogea, and obligate necrophage. Biotropica, 17, 28-31.

Gilliam, M., Taber, S. I., Lorenz, B. J., and Prest, D. B. (1988). Factors affecting development of chalkbrood disease in colonies of honey bees, Apis mellifera, fed pollen contaminated with Ascosphaera apis. Journal of Invertebrate Pathology, 52, 314-325.

Goerzen, D. W. (1991). Microflora associated with the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata (Fab) (Hymenoptera: Megachilidae) in Saskatchewan, Canada. Apidologie, 22,553-561.

----(1993). Paraformaldehyde fumigation for surface decontamination of alfalfa leafcutting bee cells (SASPA Extension Publication No. 93-01-2). Saskatchewan, Canada: Saskatchewan Alfalfa Seed Producers Association.

Goerzen, D. W., Erlandson, M. A., and Moore, K. C. (1990). Effect of two insect viruses and two entomopathogenic fungi on larval and pupal development in the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata (Fab.) (Hymenoptera: Megachilidae). Canadian Entomologist, 122, 1039-1040.

Goettel, M. S., and Duke, G. M. (1996). Decontamination of Ascosphaera aggregata spores from alfalfa leafcutting bee cadavers and bee cells by fumigation with paraformaldehyde. Bee Science, 4, 26-29.

Hackett, K. J. (1980). A study of chalkbrood disease and viral infection of the alfalfa leafcutting bee. Unpublished doctoral dissertation, University of California, Davis.

Heinz, K. M., McCutchen, B. F., Herrmann, R., Parrella, M. P., and Hammock, B. D. (1995). Direct effects of recombinant nuclear polyhedrosis viruses on selected nontarget organisms. Journal of Economic Entomology, 88, 259-264.

Hobbs, W. (2003). Leafcutter bee chalkbrood research and management. Forage Seed News, 10, 27-28.

Hurd, P. D., Jr. (1954). Distributional notes on Eutricharea, a Palearctic subgenus of Megachile, which has become established in the United States (Hymenoptera: Megachilidae). Entomological News, 65, 93-95.

Inglis, G. D., Johnson, D. L., and Goettel, M. S. (1996). Effects of temperature and thermoregulation on mycosis by Beauveria bassiana in grasshoppers. Biological Control, 7, 131-139.

Inglis, G. D., Johnson, D. L., and Goettel, M. S. (1997). Field and laboratory evaluation of two conidial batches of Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin against grasshoppers. Canadian Entomologist, 129, 171-186.

Inglis, D. G., Sigler, L., and Goettel, M. S. (1992). Trichosporonoides megachiliensis, a new hyphomycete associated with alfalfa leafcutter bees, with notes on Trichosporonoides and Moniliella. Mycologia, 84, 555-570.

----(1993). Aerobic microorganisms associated with alfalfa leafcutter bees (Megachile rotundata). Microbial Ecology, 26, 125-143.

James, R. R. (2005a). Temperature and chalkbrood development in the alfalfa leafcutting bee. Apidologie, 36, 15-23.

----(2005 b). Impact of disinfecting nesting boards on chalkbrood control in the alfalfa leaf-cutting bee. Journal of Economic Entomology, 98, 1094-1100.

----(2006). Testing the use of fungicide applications to loose cells for chalk-brood control. In Proceedings of the Northwest Alfalfa Seed Growers Conference (43-44), Reno, Nevada.

James, R. R., Croft, B. A., Shaffer, B. T., and Lighthart, B. (1998). Impact of temperature and humidity on host-pathogen interactions between Beauveria bassiana and a coccinellid. Environmental Entomology, 27, 1506-1513.

James, R. R., and Lighthart, B. (1992). The effect of temperature, diet, and larval instar on the susceptibility of an aphid predator, Hippodamia convergens (Coleoptera: Coccinellidae), to the weak bacterial pathogen Pseudomonas fluorescens. Journal of Invertebrate Pathology, 60, 215-218.

James, R. R., and Pitts-Singer, T. L. (2005). Ascosphaera aggregata contamination on alfalfa leaf-cutting bees in a loose cell incubation system. Journal of Invertebrate Pathology, 89, 176-178.

Johnson, R. N., Zaman, M. T., Decelle, M. M., Siegel, A. J., Tarpy, D. R., Siegel, E. C., et al. (2005). Multiple micro-organisms in chalk-brood mummies: Evidence and implications. Journal of Apicultural Research, 44, 29-32.

Keeling, P. J. (2002). Congruent evidence from alpha-tubulin and ß-tubulin gene phylogenies for a zygomycete origin of microsporidia. Fungal Genetics and Biology, 38, 298-309.

Kish, L. P., and Allen, G. E. (1978). The biology and ecology of Nomuraea rileyi and a program for predicting its incidence on Anticarsia gemmatalis in soybean. Unpublished doctoral dissertation, University of Florida.

Klinger, E., Groden, E., and Drummond, F. (2006). Beauveria bassiana horizontal infection between cadavers and adults of the Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata (Say). Environmental Entomology, 35, 992-1000.

Knudsen, G. R., and Schotzko, D. J. (1999). Spatial simulation of epizootics caused by Beauveria bassiana in Russian wheat aphid populations. Biological Control, 16, 318-326.

Kochansky, J., Knox, D. A., Feldlaufer, M., and Pettis, J. S. (2001). Screening alternative antibiotics against oxytetracycline-susceptible and -resistant Paenibacillus larvae. Apidologie, 32, 215-222.

Kot, M., Lewis, M. A., and van den Driessche, P. (1996). Dispersal data and the spread of invading organisms. Ecology, 77, 2027-2042.

Latge, J. P., Silvie, P., Papierok, B., Remaudiere, G., Dedryver, C. A., and Rabasse, J. M. (1983). Advantages and disadvantages of Conidiobolus obscurus and of Erynia neoaphidis in the biological control of aphids. In R. Cavalloro (Ed.), Aphid Antagonists: Proceedings of a Meeting of the EC Experts'Group (20-32). Rotterdam, Netherlands: Balkema.

Legaspi, J. C., Legaspi, B. C., and Saldaa, R. R. (1999). Laboratory and fi eld evaluations of biorational insecticides against the Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae) and a parasitoid (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Economic Entomology, 92, 804-810.

Legaspi, J. C., Poprawski, T. J., and Legaspi, B. C. (2000). Laboratory and field evaluation of Beauveria bassiana against sugarcane stalkborers (Lepidoptera: Pyralidae) in the lower Rio Grande valley of Texas. Journal of Economic Entomology, 93, 54-59.

Long, D., Drummond, F., Groden, E., and Donahue, D. (2000). Modelling Beauveria bassiana horizontal transmission. Agricultural and Forest Entomology, 2, 19-32.

Maassen, A. (1916). ?ber bienenkrankheiten. Mitteilungen Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land-und Forstwirtschaft, 16, 51-58.

Martin, S. J. (2001). The role of Varroa and viral pathogens in the collapse of honeybee colonies: A modeling approach. Journal of Applied Ecology, 38, 1093.

Mayer, D. F., Lunden, J. D., and Miliczky, E. R. (1990). Effects of fungicide on chalk-brood disease of alfalfa leafcutting bee. Applied Agricultural Research, 5, 223-226.

Milne, C. P. (1983). Honey bee (Hymenoptera: Apidae) hygienic behavior and resistance to chalk-brood. Annals of the Entomological Society of America, 76, 384-387.

McManus, L., and Youssef, N. N. (1984). Life cycle of the chalk brood fungus, Ascosphaera aggregata, in the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata, and its associated symptomology.Mycologia, 76, 830-842.

Palmer, K. A., and Oldroyd, B. P. (2003). Evidence for intra-colonial variance in resistance to American foulbrood of honey bees (Apis mellifera): Further support for the parasite/pathogen hypothesis for the evolution of polyandry. Naturwissenschaften, 90, 265-268.

Rose, J. B., and Christensen, M. (1984). Ascosphaera species inciting chalkbrood in North America and a taxonomic key. Mycotaxon, 19, 41-55.

Rosengaus, R. B., Traniello, J. F. A., Lefebvre, M. L., and Carlock, D. M. (2000). The social transmission of disease between adult male and female reproductives of the dampwood termite Zootermopsis angusticollis. Ethology Ecology and Evolution, 12, 419-433.

Ruiz-Gonzalez, M. X., and Brown, M. J. F. (2006). Males vs. workers: Testing the assumptions of the haploid susceptibility hypothesis in bumblebees. Behavioral Ecology and Sociobiology, 60,501-509.

Sadd, B. M., and Schmid-Hempel, P. (2006). Insect immunity shows specifi city in protection upon secondary pathogen exposure. Current Biology, 16, 1206-1210.

Skou, J. P. (1975). Two new species of Ascosphaera and notes on the conidial state of Bettsia alvei. Friesia, 11, 62-74.

Spivak, M., and Reuter, G. S. (2001). Resistance to American foulbrood disease by honey bee colonies Apis mellifera bred for hygienic behavior. Apidologie, 32, 555-565.

Starks, P. T., Blackie, C. A., and Seeley, T. D. (2000). Fever in honeybee colonies. Naturwissenschaften, 87, 229-231.

Steinkraus, D. C., and Slaymaker, P. H. (1994). Effect of temperature and humidity on formation, germination, and infectivity of conidia of Neozygites fresenii (Zycomycetes: Neozygitaceae) from Aphis gossypii (Homoptera: Aphididae). Journal of Invertebrate Pathology, 64, 130-137.

Stephen, W. P., and Torchio, P. F. (1961). Biological notes on the leafcutter bee, Megachile (Eutricharaea) rotundata (Fabricius). Pan-Pacific Entomologist, 32, 84-93.

Stevens, R. B. (1960). Cultural practices in disease control. In J. G. Horsfall and A. E. Dimond (Eds.);Plant pathology: An advanced treatise (Vol. 3, pp. 357-429). New York: Academic Press.

Stow, A., Briscoe, D., Gillings, M., Holley, M., Smith, S., Leys, R., et al. (2007). Antimicrobial defenses increase with sociality in bees. Biology Letters, 3, 422-424.

Thompson, G. C. (1959). Thermal inhibition of certain polyhedrosis virus diseases. Journal of Invertebrate Pathology, 1, 189-192.

Torchio, P. F. (1992). Effects of spore dosage and temperature on pathogenic expressions of chalk-brood syndrome caused by Ascosphaera torchioi within larvae of Osmia lignaria propinqua (Hymenoptera: Megachilidae). Environmental Entomology, 21, 1086-1091.

Vandenberg, J. D., Fichter, B. L., and Stephen, W. P. (1980). Spore load of Ascosphaera species on emerging adults of the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata. Applied and Environmental Microbiology, 39, 650-655.

Vandenberg, J. D., and Stephen, W. P. (1982). Etiology and symptomology of chalkbrood in the alfalfa leaf-cutting bee, Megachile rotundata. Journal of Invertebrate Pathology, 39, 133-137.

Velthuis, H. H. W., and van Doorn, A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie, 37, 421-451.

Wallis, R. C. (1957). Incidence of polyhedrosis of gypsy-moth larvae and the infl uence of relative humidity. Journal of Economic Entomology, 50, 580-583.

Wilson, W. T., Elliot, J. R., and Hitchcock, J. D. (1973). Treatment of American foulbrood with antibiotic extender patties and antibiotic paper packs. American Bee Journal, 112, 341-344.

Wraight, S. P., Carruthers, R. I., Jaronski, S. T., Bradley, C. A., Garza, C. J., and Galaini-Wraight, S. (2000). Evaluation of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Paecilomyces fumosoroseus for microbial control of the silverleaf whitefly, Bemisia argentifolii. Biological Control, 17, 203-217.

الباب الثالث

المخاطر البيئية المُرتبطة بالنحل

● التأثيرات البيئية على أنواع النحل المدخلة لتلقيح المحاصيل ● العلاقة بين النبات وأنواع النحل الدخيلة ● تقدير احتمالات تدفق المورثات في المحاصيل المُعدلة وراثيّاً من خلال التلقيح بواسطة النحل ● المحاصيل المُعدلة وراثياً: الآثار المُترتبة على النحل والتلقيح ● مستقبل تلقيح المحاصيل الزراعية

الفصل التاسع

التأثيرات البيئية على أنواع النحل المدخلة لتلقيح المحاصيل

Carlos Vergara

مقدمة

أُدخلت أنواع النحل العديدة لتلقيح المحاصيل في جميع أنحاء العالم. وتشكل فوق العائلة Apoidae (نحل ودبابير السفيكويد "Sphecoid") مجموعةً متنوعةً جداً من الحشرات، مع أكثر من ٢٠ ألف نوع معروف. وأهم نشاطات النحل فائدةً للبشر، هي تلقيحها لمعظم أنواع النباتات. حيث تعتمد أكثر من ٧٥٪ من محاصيل العالم الرئيسية و٨٠٪ من جميع أنواع النباتات المزهرة على الحشرات للتلقيح (Nabhan and Buckmann, 1997). والنحل هو الملقح الرئيس لأكثر من ١٣٠ نوعاً من المحاصيل في الولايات المتحدة وأكثر من ٤٠٠ نوع من المحاصيل في جميع أنحاء العالم. وهي أكثر الملقحات الحشرية أهميةً وشيوعاً، ويقوم النحل بأكثر من ٩٥٪ من الزيارات الحشرية لأزهار النباتات. ويقوم النحل بتلقيح ٦٣ نوعاً نباتياً (٧٧٪) من أصل ٨٢ نوعاً من الأنواع النباتية الأكثر أهميةً من الناحية الاقتصادية على مستوى العالم، ويعتبر أهم الملقحات المعروفة على الإطلاق بتلقيح ٣٨ نوعاً من تلك النباتات (Delaplane and Mayer, 2000). وقدرت القيمة الاقتصادية

نتيجة لتلقيح نحل العسل في القطاع الزراعي لبلدان عدة كما هو موضح لاحقاً (الجدول ٩,١).

الجدول (٩,١). القيمة الاقتصادية المقدرة لتلقيح نحل العسل في إنتاج المحاصيل.

المنطقة	القيمة	المرجع
الولايات المتحدة	٩ مليار دولار أمريكي ١,٦ – ٥,٧مليار دولار أمريكي	Robinson et al., 1989 Southwick and Southwick 1992
كندا	٤٤٣ مليون دولار كندي	Scott-Dupree et al., 1995
المملكة المتحدة	٢٠٢ مليون جنيه إسترليني (تلقيح جميع الحشرات) ١٣٧,٨ مليون جنيه إسترليني (تلقيح نحل العسل)	Carreck and Williams 1998
الاتحاد الأوروبي	٤,٣ مليار دولار أمريكي	Borneck and Bricout 1984 Bornech and Merle 1989
أستراليا	١٧ مليار دولار أسترالي	Gordon and Davis 2003

وفي الجزء الأول من هذا الفصل، سنتكلم عن دور النحل كملقحات والدافع وراء إدخالها والجوانب التاريخية لتلك الإدخالات. وفي الأجزاء اللاحقة، أتفحص المعلومات المُتاحة عن الآثار التي نتجت عن إدخال النحل على الأنواع النباتية المحليةِ المنشأ وآثار الملقحات المُدخلة "نحل العسل، النحل الطنّان وأنواع النحل الانفرادي التابع لمجموعة النحل القاطع للأوراق Megachilids ومجموعة نحل النوميا Halictids" على الأنواع النباتية المُدخلة. ونتابع في الجزء ما قبل الأخير بعض الجوانب العملية والقانونية لإدخال النحل، وأتعرض في نهاية هذا الجزء إلى بعض الاعتبارات التطبيقية والقانونية لإدخال أنواع جديدة من النحل، أما في الجزء الأخير فأعرض بعض الاستنتاجات بشأن إدخال أنواع النحل كملقحات.

أسباب إدخال النحل خارج نطاق تواجده الأصلي

يُعد النحل بصفة عامة حشرة نافعة لدورها في عملية التلقيح، ونتيجةً لذلك، أُدخلت العديد من أنواع النحل بشكل مقصود لخارج نطاقات تواجدها الطبيعية. ومع ذلك، فإن عدد الإدخالات العرضية المُوثقة هي أكثر بكثير من عدد الإدخالات المقصودة. وعلى سبيل المثال، من بين ٢١ نوعاً من أنواع النحل التي أُدخلت إلى الولايات المتحدة، ١٧ نوعاً منها تم إدخاله بطريقة غير مقصودة (Cane, 2003). وفي حالات قليلة فإن الأنواع المدخلة لم تكن لغايات التلقيح.

نحل العسل

نحل العسل (جنس *Apis*) هي في الأصل من العالم القديم. ويُعرف حالياً أحد عشر نوعاً من نحل العسل (Michener, 2000)، التي تم منها تربية وتدجين نحل العسل الشائع *A. mellifera* والنحل الآسيوي *A. cerana* والنحل الصغير *A. florea* وتُستخدم في التربية بمناطق مختلفة من العالم وقد تم إدخالها لمناطق خارج نطاق تواجدها الأصلي. ويتباين نحل العسل الشائع (*Apis mellifera*) لأكثر من ٢٥ سلالةً. وبالرغم من نشوئها وتواجدها الأصلي في أوروبا وإفريقيا إلا أنها أدخلت افتراضيا لكل بلدان العالم باستثناء القارة القطبية الجنوبية. وقد حدثت معظم هذه الإدخالات أثناء عملية الاستيطان من قبل المستعمرين الأوروبيين في جميع أنحاء العالم. وخلية النحل الآسيوي *Apis cerana*، تستوطن في قارة آسيا بين أفغانستان واليابان ومن روسيا والصين في الشمال وحتى إندونيسيا في الجنوب. وقد تم وصول هذه الخلايا من بلوشستان إلى إيران (Crane, 1995)، وأدخل هذا النوع في الآونة الأخيرة لبابوا غينيا الجديدة (Bradbear and Mackay, 1995). والنحل الصغير *A. florea* هو نوع أصلي في عُمان، وينتشر في الجنوب الشرقي في قارة آسيا وحتى بعض الجزر الإندونيسية.

وقد أدخلت في السنوات القليلة الماضية للسودان وقد أُعلن عنها لاحقا في العراق (Glaiim, 2005). وقد دخل هذا النوع من النحل حديثاً وتم تسجيله في المملكة العربية السعودية (مشاهدات شخصية للمترجمين).

وقد أدخلت تسع سلالاتٍ لنحل العسل الشائع *A. mellifera* في الولايات المتحدة قبل عشرينيات القرن الماضي. وكان معظم هذه السلالات أوروبية (السلالة القوقازية، *A. m. caucasica*)، (السلالة الأيبرية أوالاسبانية، *A. m. iberica*)، (السلالة الألمانية، *A. m. mellifera*)، (السلالة الايطالية، *A. m. ligustica*) و(السلالة الكرنيولية، *A. m. carnica*) ولكن بعضها من إفريقيا (السلالة التونسية، *A. m. intermissa*) و(السلالة المصرية، *A. m. lamarcki*) وكذلك الشرق الأوسط (السلالة السورية، *A. m. syriaca*) و(السلالة القبرصية، *A. m. cypria*). وفي التسعينيات من القرن الماضي، أحفاد لسلالة إفريقية أخرى، الأفريقية *A. m. scutellata* (المشار لأحفادها بمثابة نحل العسل المتأفرق)، التي وصلت من المكسيك وامتدت في جنوب غرب الولايات المتحدة (Pinto et al., 2003). وأُدخلتْ أيضاً سلالتان من قبل المستوطنين الإسبان والبرتغال في داخل معظم أقطار أمريكا اللاتينية، *A. m. iberica* (النحلة الإسبانية) و *A. m. mellifera* (النحلة الألمانية).

وقد أُحرز أول استيراد ناجح ومعروف للنحل الإيطالي إلى الولايات المتحدة في سنة ١٨٦٠م (Pellett, 1938). وانتقلت النحلة الإيطالية *A. m. ligustica* مع بداية القرن العشرين من الولايات المتحدة إلى بلدان عدة ومناطق في أميريكا اللاتينية، بما في ذلك شبه جزيرة يوكاتان، حيث لم يحدث إدخالات سابقة لنحل العسل الشائع *A. mellifera* L.

وكلفت الحكومة البرازيلية في سنة ١٩٥٦م Warwick Kerr لإدخال النحل الأفريقي (*A. m. scutellata*) إلى البرازيل لإنتاج سلالة جديدة لنحل العسل. وكان هذا الجيل الجديد أقل دفاعية من النحل الأفريقي البري ولكن أكثر إنتاجية من نحل العسل الأوروبي في ظروف البرازيل المدارية. وفي ذلك الوقت، كانت البرازيل تحتل المرتبة ٤٧

بين دول العالم المنتجة للعسل. ومع وصول السلالة الجديدة، قفز ترتيب البرازيل وبسرعة إلى المرتبة السابعة بين منتجي العسل في العالم.

وقد أُدخل نحل العسل (على الأرجح *A. m. mellifera*) إلى داخل أستراليا في سنة ١٨١٠م بواسطة Samuel Marsden، الذي استورد عدداً غير معروف من مستعمرات النحل من إنجلترا. وحاول أوائل المستوطنين استخدام نحل العسل لتلقيح أشجارهم المثمرة، ولكن فشلت المحاولات الأولى لإنشاء وتأسيس مستعمرات النحل. وحصل إدخال ثان بنجاح في سنة ١٨٢٢م، وقد أدى ذلك إلى إدخالات متكررة في أستراليا خلال السنوات ٥٠-٦٠ اللاحقة. وربما لم ينتشر نحل العسل على نطاق واسع حتى حوالي عام١٩٣٠م، على الرغم من أن المعلومات الدقيقة عن معدلات الإدخال والتوزيع غير متوفرة (Paton, 1996).

أسباب إدخال نحل العسل خارج النطاقات الأصلية

وقد أُجريت معظم الإدخالات الأولية لنحل العسل في مناطق جديدة لإنتاج العسل والشمع أو لتحسين الإنتاج الذي يتم الحُصول عليه من الأنواع أو الأجناس التي كانت تُستخدم سابقاً. وأصبحت منتجات النحل الأخرى، مثل حبوب اللقاح، والنحل (على شكل نحل مرزوم أو أنوية خلايا النحل)، والملكات ذات أهمية تجارية لاحقاً. وأصبح التلقيح كنشاط تجاري ذا أهمية قصوى في السنوات الخمسين والستين الماضية باستثناء الحالة السالفةِ الذكر في الإدخالات المبكرة لنحل العسل إلى داخل أستراليا.

ويُعد نحل العسل ملقحاً عاماً يقوم بزيارة مجموعة واسعة من أزهار النباتات خلال موسم واحد. وكونها ملقحات عامة، فهي ليست أفضل الملقحات بالنسبة لكل المحاصيل، وحقيقةً فنحل العسل يزور أقل من ثلث المجموعات الزهرية في مكان مُعين (Butz-Huryn, 1997). ومع ذلك، يمكن لمستعمرات نحل العسل أن تُدار وتُنقل وتتكيف

بكفاءة عالية لمعظم المحاصيل. كما يمكن اختيار بعض الخلايا وتهيئتها لزيادة الجمع من حبوب اللقاح.

وتُستخدم في الولايات المتحدة معظم خلايا نحل العسل المُستأجرة من قبل المزارعين في تلقيح ١٣ محصولاً فقط، وتُؤجر ٢-٢,٥ مليون خلية من نحل عسل من أصل ٢,٩ مليون خلية لغايات التلقيح سنويا (Morse and Calderone, 2000). وتَطلب تلقيح اللوز وَحده في سنة ٢٠٠٤م ما يقارب ١,٤ مليون خلية نحل عسل. وسوف تحتاج ولاية كاليفورنيا لحوالي مليوني خلية نحل عسل لتلقيح اللوز بحلول عام ٢٠١٢م نظراً للنمو في مساحات اللوز المتوقعة للسنوات الست القادمة (Sumner and Boriss, 2006). ويتم في كندا استئجار أكثر من ٤٧ ألف خلية نحل سنوياً (Scott-Dupree et al., 1995)، وفي المكسيك تم خلال موسم ١٩٩٩م استئجار حوالي ٢٠٠ ألف خلية نحل عسل لتلقيح ما لا يقل عن ١٥ محصولاً، بما في ذلك محاصيل التصدير الرئيسة (Lastra-Marin and Peralta-Arias, 2000). وليس لدى أستراليا أرقام على المستوى الوطني لعدد الخلايا المؤجرة سنويا من أجل التلقيح، ولكن يُقدر بأن ٤٠ ألف خلية نحل عسل تُستخدم كل سنة لتلقيح المحاصيل في ولاية فيكتوريا، التي تملك نحو ٢٠٪ من إجمالي خلايا نحل العسل في أستراليا وهي أهم منطقة بستانية في ذلك البلد. ويبدو أن التوسع في صناعة اللوز في ولاية فيكتوريا في غضون الست أو السبع سنوات القادمة سيتطلب أكثر من ٤٠ ألف خلية نحل لتلقيح اللوز فقط، وقد تتجه بعض الخلايا إلى ولاية نيوساوثويلز (Benecke, 2003).

تأثير نحل العسل المُدخل على النباتات المحلية

يمكن لنحل العسل أن يغير معدلات التلقيح للنباتات بطرق مختلفة (انظر الفصل العاشر من هذا الكتاب أيضاً). وتشمل هذه الطرق: (١) مساهمة نحل العسل في التلقيح إضافة إلى الخدمات التي تُقدمها الملقحات المحلية وبالتالي زيادة إنتاج البذور، (٢) إحلال الملقحات المحلية من زيارة الأزهار بدون القيام بخدمات تلقيح مكافئة مما

يؤدي إلى انخفاض إنتاج البذور، (٣) تغيير سلوك الملقحات المحلية بطرق من شأنها أن تغير أنماط انتشار حبوب اللقاح، مما يؤدي لتغيرات واضحة في إنتاج البذور (٤) إزالة حبوب اللقاح من الأزهار وبالتالي تقليل كميات حبوب اللقاح التي يجري نقلها إلى الأزهار بواسطة الملقحات الاصلية، مما أدى إلى انخفاض في إنتاج البذور (Paton,1996).

ونحل العسل ملقحات رئيسية أو ثانوية للعديد من النباتات المحلية في أستراليا، ونيوزيلندا، والأمريكتين. وفي هذه المناطق، تزور نحل العسل مجموعة واسعة من النباتات ولكن تميل إلى الاستفادة المكثفة من ١٥-٢٥٪ من الأنواع المتاحة (استعرضت في Butz-Huryn, 1997). ويوفر نحل العسل تلقيحا فعّالا لبعض النباتات المحلية في أستراليا وأمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية. وكما تبين بأنها قد تكون طفيليات على أزهار النباتات المحلية في أستراليا وأمريكا الشمالية، وجامايكا وتُحد من عقد الثمار للأنواع المحلية في المناطق المدارية الجديدة وفي أستراليا (Goulson, 2003).

وقد وُثقت آثار نحل العسل على إنتاج البذور في النباتات المحلية في مناطق مختلفة من العالم. وانخفض إنتاج البذور في أستراليا لبعض النباتات عندما زار نحل العسل الأزهار بشكلٍ متكرر (وعلى سبيل المثال، *Callistemon rugulosus* (Myrtaceae) Paton, 1993)، وفي حين عُزز إنتاج البذور في نباتات أخرى (وعلى سبيل المثال, *Banksia ornata* (Proteaceae), Paton, 1996). وأظهرت دراسات عن النباتات الأسترالية التي يتم تلقيحها بواسطة الطيور مثل *Brachyloma* (Paton, 1996)(Rutaceae) *Correa reflexa ericoides* (Celebrezze and Paton, 2004)(Epacridaceae) أظهرت أن الطيور المحلية أسهمت بشكل كبير في زيادة عقد الثمار، على الرغم من أن نحل العسل كانت أكثر زيارة لتلك الأزهار. وأنتجت تجارب استبعاد الطيور التي أجريت مع المثال النباتي الأخير نسبة عقد ٣, ١٢ ± ٢٪، في حين أعطت النباتات في الحقل المفتوح بدون استبعاد الطيور نسبة عقد ٢١ ± ٢٪. وكانت أنواع النباتات التي زاد إنتاج البذور فيها، تلك التي تلقت اهتماماً غير كافٍ من الملقحات المحلية الخاصة بها (Paton, 1996). ونظم

الملقحات النباتية مُعرضة إلى المخاطر مثل إزالة الغطاء النباتي وتدهوره، وقد تعتمد بعض النباتات الأسترالية الآن على نحل العسل للتلقيح الكامل؛ لأن ملقحاتها المحلية قد انخفضت بشكلٍ كبير أو حتى اختفت في بعض المناطق.

وقد أدى إدخال نحل العسل في البرازيل للحد من نجاح التلقيح في نبات *Clusia arrudae* (Clusiaceae)، وهو نبات ثنائي المسكن يلقح بواسطة (Apidae, Euglossini)، والتي تزور زهور نبات *C. arrudae* لجمع المادة الصمغية. ويقوم نحل العسل بإزالة الفائض من حبوب اللقاح بدون أداء التلقيح. كما تُزار الزهور الذكرية من قبل أفراد النحل *A. mellifera* والتي تزيل حوالي ٩٩٪ من حبوب اللقاح الخاصة بتلك الأزهار. وعندما يزور نحل *E. nigrohirta* الزهور التي تم زيارتها سابقاً من قبل نحل العسل *A. mellifera*، فإنها تحمل على أجسادها أقل من ٠,١٪ من حبوب اللقاح التي تحملها عند زيارة أزهار لم تُزر سابقاً من قبل نحل العسل. ولعل هذا يُفسر لماذا يرتبط تردد نحل العسل *A.mellifera* في زيارة الأزهار الذكرية ارتباطاً عكسياً مع عدد البذور التي تنتجها الزهور المؤنثة. واستنفاد حبوب اللقاح من قبل نحل العسل *A. mellifera*، بالتالي، يقلل من فعالية الملقحات المحلية (Carmo et al. 2004).

وفي دراسة عن حركة حبوب اللقاح في (*Impatiens capensis:* Balsaminaceae)، وجد(1991) Wilson and Thompson أن نحل العسل *A. mellifera* الجامع لحبوب اللقاح يجمع تقريباً ضعف كمية حبوب اللقاح التي يجمعها النحل الجامع للرحيق والتابع لجنس النحل الطنّان *Bombus* عند زيارة زهرة مذكرة عذراء، ولكنه يضع كمية حبوب لقاح أقل من حيث العدد على الأزهار الأنثوية غير الملقحة.

آثار نحل عسل المُدخل على الملقحات المحلية

قد ينافس نحل العسل المُدخل النحل المحلي على الموارد الزهرية المتوفرة وقد يؤدي إلى تقليل فرص بقائها على قيد الحياة، ونموها أو تكاثرها. وقد ركز البحث في

العلاقة التنافسية بين نحل العسل والنحل المحلي أساساً على القياسات غير المباشرة كتداخل المصادر الزهرية، نسب الزيارة، حصاد المصادر الزهرية وأي تفاعل سلبي فُسر بأنه إحلال تنافسي للنحل البري من قبل نحل العسل. وعلى الرغم من أن هذه الأبحاث قد تكون ذات قيمة في توضيح إمكانية وجود منافسة بين نحل العسل والنحل المحلي، فإن تقيّم الخصوبة، تقدير معدلات البقاء على قيد الحياة والكثافة المجتمعية مطلوبة لتحديد ما إذا كان وجود النحل المحلي مُهدداً على المدى الطويل. واستعرض الباحث Paini (2004) ٣٨ دراسة مرجعية حول هذا الموضوع، وتُستخدم معظمها في القياس غير المباشر للمنافسة. وتعرض كثير من هذه الدراسات للإهمال بسبب تكراريتها المنخفضة، أو العوامل المُربكة، أو التفسير الضعيف للنتائج. واستناداً لعدد قليل من الدراسات التي تقيس وتحدد أثر نحل العسل على حياة النحل المحلي وتكاثره وكثافة مجتمعاته لم يستطع Paini (2004) إعطاء أي خلاصة واستنتاج مُحدد بشأن التأثير الحقيقي لنحل العسل على النحل البري.

واختتم الباحث Butz-Huryn (1997) بالمثل أن هناك أدلة قليلة على وجود أي أثر لنحل العسل على النحل المحلي، تماماً كما وجد الباحث Paini وزملاؤه (2005) نفس النتيجة فيما يتعلق بنوع النحل المحلي (Megachilidae) *Australian Megachile* بأستراليا. واختبر Thompson (2004) حقلياً آثار نحل العسل من خلال تقييم نشاط السروح والقدرة على التكاثر لنوع النحل الطنّان المحلي *Bombus occidentalis* Green في سواحل ولاية كاليفورنيا. وسجلت خلايا النحل الطنّان *B. occidentalis* والتي تم وضعها بالقرب من خلايا نحل عسل تجريبية معدلات أقل لعودة النحل السارح ومعدلات أقل لرحلات السروح في جمع حبوب اللقاح مقارنةً بالرحيق. وأظهرت تقديرات نجاح عملية التكاثر في الذكور والإناث انخفاضاً في المعدلات مع زيادة القرب من خلايا نحل العسل. نجاح التكاثر ارتبط معنويا مع قياسات سروح الخلية وبشكل معنوي جداً فيما يتعلق بالتحول لبذل الجهود في جمع حبوب اللقاح.

وقد ركزت دراسات قليلة على التفاعلات بين نحل العسل المدخل والملقحات الأخرى من الطيور المحلية، وتبين بأن نحل العسل يتداخل جزئيا مع الطيور التي تتغذى على الرحيق. وعلى سبيل المثال، وجود نحل العسل في ولاية أريزونا أثر سلبياً على سروح الطائر الطنّان (Schaffer et al., 1983). وفي جنوب أستراليا، نحل العسل هو الآن الأكثر شيوعاً في زيارة الأزهار وتقوم عادةً بجمع أكثر من ٨٠٪ من موارد الزهرة التي يتم إنتاجها، وحتى من النباتات التي تُلقح إلى حدٍ كبير من خلال الطيور (Paton 1993, 1996). وينتُج عن استهلاك موارد الزهرة استبعاد وإحلال العديد من الملقحات المحلية وفي إحدى الحالات تقليل الكثافة العددية في مجتمعات نحل العسل. وحل نحل العسل إلى حدٍ كبير محل أكلة العسل (*Phylidonyris novaehollandiae*, Meliphagidae) على أزهار نبات *Gallistemon rugulosus* بدون التأثير على عملية التلقيح، مؤدياً إلى فيض إنتاج البذور (Paton, 1993). وفي أحد النباتات الأخرى *Correa reflexa* التي يتم تلقيحها بواسطة الطيور، أدى جمع حبوب اللقاح من الأزهار بواسطة نحل العسل إلى تقليل نسبة حبوب اللقاح التي تقوم الطيور بنقلها إلى مياسم الأزهار (Paton, 1993). وفي المقابل، في حالة النبات شتوي الإزهار *Banksia ornata* يُعد نحل العسل من الملقحات ذات الكفاءة العالية بل وإنه قد زاد من نجاح التلقيح بسبب نقص الملقحات المحلية، الطيور التي تتغذى على الرحيق أو حتى مجتمعات أكل العسل لهذا النبات (Paton, 1997). وبشكل تهكمي، يمكن أن يكون نحل العسل قد ساهم في نقص التلقيح لأنه قام باستهلاك وجمع كميات كبيرة من المصادر الزهرية الصيفية والخريفية المحدودة، وبالتالي انخفاض أعداد مجتمعات آكل النحل.

ولا يوجد حتى الآن أية دراسة حول التنافس بين نحل العسل المدخل والخفافيش التي تتغذى على رحيق الأزهار. هذا النوع من التداخل يمكن أن يحدث في المناطق التي يُعتبر فيها الصبار الأمريكي والصبار العمودي عناصر مهمة من الغطاء النباتي. العديد من الدراسات في هذا المجال بينت أن زيارات نحل العسل والحشرات الأخرى للأزهار بالنهار

لها تأثير محفز ومشجع لزيارات الخفافيش مما يزيد من نجاح العملية التكاثرية للنبات أو تعتبر غير مهمة عندما يعتمد النبات بشكل رئيس على الخفافيش في عقد البذور (Molina-Freaner and Eguiarte, 2003; Roche et al. 2005). وهناك تداخل عكسي بين نحل العسل المدخل والخفافيش بالتنافس على مواقع التعشيش. وتمت دراسة هذا الجانب في أستراليا، حيث يتواجد العديد من الكائنات الفقارية بما فيها الخفافيش والتي يمكن أن تستخدم التجاويف للاختباء والتعشيش (تم مراجعته من قبل Paton, 1996). وعلى كل حال لا يوجد أي دليل قوي حول التنافس بين خلايا النحل البرية والخنافس على التعشيش في التجاويف. ويعتمد القلق حول التنافس على مواقع التعشيش على بعض الأمثلة المدونة لتعشيش النحل في التجاويف التي تم استخدامها سابقاً بالخفافيش أو الببغاوات أو البوم (Paton, 1996). هذه الإحلالات على كل حال تشمل جزءاً صغيراً فقط من المجتمع وليس لها أي تأثير معنوي على المجتمعات المحلية وخاصة عند وجود تجاويف وأماكن تعشيش أخرى متاحة.

النحل الطنّان

جرت أول محاولة لإدخال النحل الطنّان خارج نطاقات توزيعها الطبيعية في عام ١٨٧٥م، عندما أُطلقت ملكات لنوعين على الأقل من النحل الطنّان من إنكلترا في نيوزيلندا. وقد تكيفت الأنواع التي أدخلت إلى نيوزيلاندا وتأكد توطنها بهذه البيئة بحلول سنة ١٨٨٥م. وفي وقت مبكر من ثمانينيات القرن الماضي تم إدخال النحل الطنّان *B. ruderatus* من نيوزيلاندا إلى تشيلي (Arretz and MaFarlane, 1986).

حالياً، يوجد هذا النوع في معظم المناطق المعتدلة من تشيلي وهو أكثر زائري الأزهار وفرة في الغابات المعتدلة من جنوب غرب الأرجنتين (Morales and Aizen, 2006). وقد استخدم النحل الطنّان *Bombus terrestris* في تلقيح المحاصيل الزراعية في أوروبا منذ أواخر الثمانينيات من القرن الماضي ولكن في نهاية المطاف تم استخدامه في

أكثر من خمسة عشر بلداً وفي المقام الأول في أوروبا. وفي الكثير من البلدان التي تم فيها إدخال النحل الطنّان *Bombus terrestris*، أصبحت مجتمعاته مستقرة طبيعياً وتوسعت نطاقات تواجدها بسرعة. ويُستخدم النحل الطنّان *Bombus terrestris* حالياً لتلقيح المحاصيل تحت الدفيئات والبيوت الزراعية في بلدان عديدة خارج نطاق تواجدها الجغرافي الأصلي. والنحل الطنّان *B. impatiens* هو النوع الوحيد الذي يتم إنتاجه في أمريكا الشمالية على نطاق تجاري. وقد تمت تربية النحل الطنّان *B. occidentalis* أيضاً للاستخدام في ولايات غرب جبال الروكي. ومع ذلك، فإن الإصابة الدورية للنحل الطنّان *B. occidentalis* بالممرض الفطري نوزيما *Nosema bombi* أدى إلى مشاكل كبيرة ونتيجة لذلك توقفت تربية هذا النوع من النحل الطنّان بشكلٍ تجاري (Thorp, 2003).

النحل الطنّان *Bombus terrestris*

نتيجة لزيادة وفرة خلايا النحل الطنّان *B. terrestris* المنتجة تجارياً، يُستخدم حالياً لتلقيح محاصيل البيوت الزراعية في بلدان عديدة خارج نطاق تواجده الجغرافي الأصلي. ويغطي المدى الجغرافي الطبيعي للنحل الطنّان قارة أوروبا بالكامل، والمنطقة الساحلية لشمال أفريقيا والشرق الأوسط، وكذلك في الجزء الغربي من آسيا. وفي هذه المناطق تتواجد عدة سلالات من النحل الطنان التي تختلف في مجموعة متنوعة من الصفات السلوكية، بما في ذلك تفضيل لون الزهرة، والكشف عن الزهرة، وتعلم السلوك (Chitka et al, 2004). وقد أُدخل هذا النوع *B. terrestris* إلى نيوزيلندا (Macfarlane and Gurr, 1995)، وولاية تسمانيا (Goulson, 2003)، والبرازيل، والتشيلي، والمكسيك، واليابان (Thorp, 2003)، وأوروغواي (Freitas et al., 2003) وإلى بلدان أخرى عديدة. كما أُدخل على ما يبدو إلى داخل أستراليا (ولاية نيوساوث ويلز) ولكنه لم يتوطن (Froggatt, 1912 and Payment 1935). وقد عُثر في سنة ٢٠٠٣م

على عاملة واحدة وملكة واحدة لنوع *B. terrestris* فى داخل أستراليا (Dollin, 2003). وتقدر مبيعات النحل الطنّان *Bombus terrestris* على مستوى العالم بحوالي ٨٥٠ ألف خلية سنوياً (Velthuis and Van Doorn, 2006).

آثار إدخال النحل الطنّان *B. terrestris* على النباتات المحلية والمُدخلة

النحل الطنّان *B. terrestris* هو النوع الوحيد الذي تم إدخاله إلى أستراليا ونيوزيلندا ويقوم بزيارة أزهار النباتات المحلية. والدراسات حول تفضيل النحل الطنّان المدخل للأنواع النباتية المدخلة لم تعط أية أدلة مؤيدة. ويزور النحل الطنّان في نيوزيلندا أنواعاً أكثر للنباتات المُدخلة من النباتات المحلية الأصيلة (Hanley and Gouslon, 2003). وفي جزيرة تسمانيا الأسترالية، لا فرق في جاذبية النباتات المُدخلة والنباتات المحلية الأصيلة للنحل الطنّان التي قد عُثر عليها في حديقة عند تقاطع منطقة النباتات المدخلة والنباتات المحلية الأصيلة (Hingston, 2005).

ولا تتوفر أية دراسات حتى الآن عن آثار النحل الطنّان المدخل على تكاثر النباتات المحلية الأصيلة. ولدى النحل الطنّان القدرة على تعطيل خدمات الملقحات من خلال استنفاد موارد الأزهار التي تزورها الطيور المُلقحة (وعلى سبيل المثال، *Epacris impressa* (Epacridaceae) في جزيرة تسمانيا، Hingston and Mcquillan, 1998). ويحصل جامعو الرحيق على الرحيق بطريقة ثقب الأنسجة النباتية دون الاتصال بالمُتكْ والميسم وبالتالي فشلها بنقل حبوب اللقاح على نحو فعّال (Inouye, 1979). وعندما يجعل تركيب الزهرة الوصول إلى الرحيق مستحيلاً، يستخدم النحل الطنّان *B. terrestris* (وبعض أنواع النحل الأخرى) الفك السفلي للمسك وعض التويج وكأنه أحد طفيليات الأزهار، ومن ثم يتم الوصول للرحيق بدون تلقيح الأزهار. وليس من السهل التنبؤ بتداعيات هذا السلوك. ويؤدي جمع الرحيق بهذه الطريقة إلى تقليل كمية الرحيق المتبقية والمتاحة، مما يسبب تخفيض معدلات الزيارة بالنسبة

للملقحات الأخرى (McDade and Kinsman, 1980)، وانخفاضا في معدلات عقد البذور (Roubik, 1982; Roubik et al., 1985; Irwin and Brody, 1999).

ويمكن أن تُسبب طريقة الحصول على الرحيق هذه (ما يعرف بسرقة الرحيق) بإحداث ضرر لأنسجة الزهرة أيضاً، التي تتداخل مع أو تمنع إنتاج البذور (Galen, 1983). ويمكن لجامعي الرحيق بهذه الطريقة أن تدفع بعض زيارات النحل المشروعة للنباتات بعيداً (Inoy, 1979). وبالتالي يمكن لسرقة الرحيق أو جمعه بهذه الطريقة أن تمتلك تأثيراً قليلا على إنتاجية النبات في حال قام سارقو الرحيق بجمع حبوب اللقاح أيضاً أو بقيام ملقحات أخرى موجودة بذلك (Newton and Hill, 1983; Arizmendi et al., 1995; Morris, 1996; Stout et al., 2000). ويمكن لبعض النباتات أن تستفيد من نشاط جمع الرحيق بهذه الطريقة (سرقة الرحيق) فعلاً من خلال إجبار بعض النحل السارح للقيام برحلات طيران لمسافات أكثر بعداً، وبالتالي زيادة التنوع الوراثي من خلال التهجين (Zimmerman and Cook, 1985). ويمكن أن تُجْبر الملقحات أيضاً بزيارة عدد أكبر من الأزهار في وحدة الزمن، وبالتالي زيادة عقد البذور (Heinrich and Raven, 1972).

والأثر الأهم الذي يمكن للنحل الطنّان *B. terrestris* أن يؤثر به على النباتات المُدخلة هو تبادل المنافع والمصالح مع أنواع الحشائش المدخلة. وسيتم التعامل مع هذا الموضوع بالتفصيل في الفصل العاشر من هذا الكتاب.

آثار النحل الطنّان المدخلة على الملقحات المحلية

وقد أُجريت الدراسة الوحيدة التي تعالج هذه المسألة حتى الآن، في تسمانيا من قبل Hingston and MaQuillan (1999). وقد حلّ النحل الطنّان *Bombus terrestris* محل نوعين من النحل المحلي (*Chalicodoma* spp. (Megachilidae) في زيارة زهور أحد النباتات البقولية المحلية *Gompholobium huegelli*. ولم تتطرق الدراسة، مع ذلك، إلى قياس تأثير هذا الإحلال على الجوانب المتعلقة بتكاثر أنواع نحل عائلة Megachilidae

المحلي. وتشير دراسات للباحثَين Paini و Roberts (2005) إلى آثار نحل العسل على النحل المحلي بأستراليا وتوضح بأن استجابة ورد فعل النحل المحلي على تواجد أنواع النحل المدخلة كالنحل الطنّان تعتمد على أنواع النحل المعنية وعلى سمات التكيف المحددة لهذه الأنواع.

وقد أجريت حركة ضخمة لمجتمعات النحل الطنّان الغير محلي *Bombus terrestris* نتيجةَ الإنتاج التجاري لخلايا النحل الطنّان المستخدمة في تلقيح المحاصيل داخل الدفيئات ضمن مدى توزيع هذا النوع مع عدم وجود أي تقييم للمخاطر. وتختلف مجتمعات النحل الطنّان *Bombus terrestris* كثيراً عن بعضها البعض في تركيبها الوراثي، كما يتبين من خلال الاختلافات القوية في لون الغطاء الخارجي والصفات السلوكية. وعلى سبيل المثال، قد أظهر Ings وآخرون (2005) بأن نحل جزيرة كناري (*B. terrestris canariensis*) كانت متفوقة في جمعها للرحيق مقارنة بالنحل الموجود بسردينيا (*B. terrestris sassaricus*) والتي كانت متفوقة عموماً بدورها عن النحل الطنّان الأُوروبي (*B. terrestris terrestris*) في المناطق الرئيسة. وتُفَسر هذه الاختلافات بين المجتمعات من ناحية الأداء إلى حد كبير نتيجة للاختلاف في حجم النحل السارح، فالنحل الأكبر حجما أفضل أداءً من حيث التلقيح. ومع ذلك، حتى عندما نأخذ حجم النحل السارح بالاعتبار، فإن النحل المحلي لم يتفوق على النحل غير المحلي الذي يتم إكثاره إلا في حالة واحدة. وفي الختام، فإن مجتمعات النحل غير المحلية، وخصوصاً المجتمعات ذات الأفراد الكبيرة حجماً، يمكن أن تكون ذات قدرة تنافسية عالية من ناحية السروح. وهذا قد يؤدي إلى توطين النحل غير المحلي وإحلال النحل المحلي.

آثار النحل الطنّان المدخل (*B. terrestris*) على الملقحات المدخلة الأخرى

لا تتوفر معلومات حول الآثار المحتملة للنحل الطنّان (*B. terrestris*) على سروح وتكاثر الملقحات الأخرى المدخلة مثل نحل العسل (*A. mellifera*). وفي نيوزيلندا، مع

وجود أربعة أنواع مدخلة للنحل الطنّان، فإن النحل الطنّان (*B. terrestris*) هو الأكثر وفرة، في حين أن اثنين من الأنواع الثلاثة الأخرى (*B. ruderatus and B. subterraneus*) تعد نادرةً، ومجتمعاتها آخذة في الانخفاض على ما يبدو. والنوع الرابع، (*B. hortorum*)، وفير نسبياً. وترجع هذه الاختلافات في وفرة الأنواع المختلفة على ما يبدو إلى وفرة مصادر الغذاء النباتية المدخلة بدلاً من التنافس بين أنواع النحل الطنّان المختلفة (Goulson and Hanley, 2004).

النحل الطنّان *Bombus ruderatus*

وقد أدخل هذا النوع إلى نيوزيلندا بين عامي ١٨٧٥م و١٩٠٦م، وأصبح مستوطناً في كل من الجزر الشمالية والجنوبية. وتتجه مجتمعات النحل الطنّان (*B. ruderatus*) إلى الانخفاض في نيوزيلندا بسبب فقدان المروج الزهرية الغنية في ذلك البلد (Goulson and Hanley, 2004). وهناك إمكانية لم يتم اختبارها من قبل (2004) Goulson and Hanley وهي حدوث إحلال تنافسي لهذا النوع النادر التواجد من النحل الطنّان بواسطة النحل الطنّان الأوروبي *B. terrestris*.

وقد تم إدخال هذا النوع من النحل الطنّان إلى جنوب تشيلي في سنة ١٩٨٢م من السلالة الموجودة في نيوزيلندا (Arretz and Macfarlane, 1986). ومنذ إطلاقها قرب مدينة ماليكو، انتشر نحو الشمال إلى شيلان وإلى الجنوب باتجاه بويرتومونت، وفي غضون عشر سنوات انتشر إلى الغابات الجنوبية المعتدلة في الأرجنتين (Abrahamovich et al., 2001; Morales and Aizen, 2001 and Ruz, 2002).

آثار النوع *B. ruderatus* المدخل على النباتات المحلية والمدخلة

يَسرح النحل الطنّان *B. ruderatus* بشكلٍ كبير على أزهار النباتات المُدخلة في نيوزيلندا (Goulson and Hanley, 2004) وتُفضل كذلك زيارة النباتات المُدخلة في تشيلي

(Rebolledo et al., 2004). وفي غابات المناطق المعتدلة من شمال غرب باتاغونيا (الأرجنتين) يزور النحل الطنّان *B. ruderatus* بشكل متساو زهور النباتات المُدخلة في مناطق العوائل التي حدث فيها خلل بيئي والتي لم يحدث فيها أي خلل أيضاً (Morales and Aizen, 2002). ويعتمد البرسيم الأحمر *Trifolium pratense* (Fabaceae) اعتماداً كبيراً على النحل الطنّان *B. ruderatus* بعقد البذور؛ ولهذا السبب تم إدخال النحل الطنّان *Bombus ruderatus* في نيوزيلندا وتشيلي، حيث إنتاج بذور البرسيم الأحمر ذو الأهمية الاقتصادية (Ruz, 2002).

النحل الطنّان *Bombus impatiens*

ولهذه الأنواع انتشار واسعٌ شرقي جبال الروكي في الولايات المتحدة. ويستخدم النحل الطنّان *Bombus impatiens* في المكسيك أيضاً، وهو ليس من النحل المحلي فيها. وحتى الآن، إجمالي المبيعات السنوية للنحل الطنّان *B. impatiens* إلى كندا، والولايات المتحدة والمكسيك مجتمعة هي ٧٠٠٠٠ خلية (Velthius and van Doorn, 2006). وأدى تسارع النمو الحالي لمحاصيل الزراعات المحمية في المكسيك إلى الحاجة لعناصر الإنتاج المختلفة للإنتاج التجاري. وأحد هذه العناصر هو النحل الطنّان والذي يستخدم للتلقيح. وفي سنة ١٩٩٧م، أُنشئت شركة كوبيرت دي مكسيكو، وهي فرع من أنظمة شركة كوبيرت البيولوجية الهولندية، في المكسيك. ومنذ سنة ٢٠٠١م، تستورد شركة كوبيرت دي مكسيكو ملكات النحل الطنّان *B. impatiens* من ميشيغان وتنتج الخلايا بشكل نهائي في المكسيك. وافتتح كوبيرت في سنة ٢٠٠٤ منشأة تربية النحل الطنّان في كويريتارو، شمال مدينة مكسيكو. وتَدَعِي هذه الشركة السيطرة على ٨٣٪ من السوق المحلية للنحل الطنّان حالياً، وتُرسل خلايا النحل الطنّان من كيريتارو إلى سينالوا، سونورا، ولاية باجا كاليفورنيا، خاليسكو، ميتشواكان وكويريتارو.

الآثار المحتملة للنحل الطنّان *B. impatiens* المدخل على أنواع النحل الطنّان المحلية

يُعد النحل الطنّان *B. impatiens* نحلاً ذا منشأ محلي في الجزء الشرقي من الولايات المتحدة، شرق جبال الروكي. وتفصل منطقة ضيقة في جنوب غرب ولاية تكساس هذه المجموعة المحلية عن أقاربها القريبين جداً في المكسيك *B. ephippiatus* و *B. wilmatta*. وتنتمي هذه الأنواع الثلاثة إلى تحت الجنس *Pyrobombus*، ويعتقد بأنها قد نشأت جميعا من نفس الأصل (Cameron et al., 2007). وتُعتبر *B. ephippiatus* و*B. wilmattae* أشكالاً لنوعٍ متغير واحد (Williams, 2005). وقد تأكدت إمكانية التهجين بين *B. ephippiatus* و*B. wilmattae* بواسطة التهجين التجريبي في مختبر النحل التابع لجامعة غوادالاخارا في أوتلان (Cuadriello، اتصال شخصي). وفي حال استيراد نوع *B. impatien* فيمكن أن تتم عملية تهجين بينه وبين مجتمعات الأنواع المحلية البرية *B. ephippiatus* و*B. wilmattae* ويمكن بالتالي أن تنخفض كفاءة هذه الأنواع على التكيُف مع البيئة المحلية وتخسر تميزها الخاص. وقد يؤدي تقاربها الشديد إلى زيادة حساسية النوع المكسيكي للإصابة بالطفيليات والأمراض أيضاً. وقد عُثر قريبا على ملكة لنوع *B. impatiens* في المناطق البرية بالقرب من مدينة سيوداد غوزمان، خاليسكو. وهذا مؤشر واضح جداً بأن هذا النوع قد خرج من مناطق استخدامه واستوطن في المناطق البرية من المكسيك، مما يشكل تهديداً محتملاً للنحل الطنّان المحلي.

ولأن *B. ephippiatus* ينتشر على نطاقٍ واسعٍ جداً ومشابه بيولوجياً لنوع *B. impatiens*، مما يجعله نوعاً جيداً للتربية التجارية ضمن مدى تواجدها الطبيعي في المكسيك. وتربَى *B. ephippiatus* بنجاح في المختبر ويمكن أن تُطور للتلقيح بشكل تجاري.

وقد وضع قانون الصحة الحيوانية الاتحادي لسنة ١٩٩٣م في المكسيك الأسس لرصد والوقاية والتحكم والقضاء على الأمراض لجميع الحيوانات البرية في المكسيك

(مؤتمر الولايات المتحدة المكسيكية، 2004). وتنظم الدائرة الوطنية لصحة الأغذية الزراعية، والسلامة والجودة (SENASICA) استيراد المستلزمات الزراعية في المكسيك، بما في ذلك المتطلبات لثلاثة أنواع من النحل الطنّان *B. impatiens, B. occidentalis,* *B. ephippiattus*. وقد تم ضم النوع الأخير في هذه اللائحة لأنه في التسعينيات من القرن الماضي، نُوقشت فكرة تصدير الملكات لهذا النوع إلى أوروبا لتربية الخلايا ومن ثم إعادة استيرادها إلى داخل المكسيك. وتتطلب القيود وجود شهادات صحية رسمية تفيد أن خلايا النحل الطنّان المستورد خالية من الإصابة بالنوزيما، الفاررروا، والأمراض الفطرية التي تصاحب كل شحنة تدخل إلى المكسيك (SENASICA, 2006). ثم تُرسل الخلايا الواردة إلى مركز خدمات صحة الحيوان المخبري لفحص الطفيليات الخارجية وعدوى النوزيما، مع تعبئة الوثائق التي تتوافق مع متطلبات المادة ٢٤ من القانون الاتحادي (SENASICA, 2006).

النحل قاطع الأوراق Megachilidae

أدخلت عدة أنواع من هذه العائلة خارج نطاقها الطبيعي، عن قصد أو غير قصد على حدٍ سواء. أفضل حالة مُوثقة هي نحل أوراق نبات البرسيم (*Megachile rotundata*)، وهو من منشأ أوربي آسيوي. وقد أُدخل بطريق الصدفة في أمريكا الشمالية، وعن عمد لتلقيح البرسيم في أمريكا الجنوبية وأستراليا مع درجات متفاوتة من النجاح (انظر الفصل ٧ أيضاً). وقد تم إعادة إدخال هذه الأنواع إلى أوروبا في محاولة لاستعادة المجتمعات المحلية الأصلية. كما أُدخلت نحلة أوراق المرار (*Megachile apicalis*) عن طريق الخطأ داخل أمريكا الشمالية من المناطق الأوروآسيوية. وأدخلت أنواع من النحل البنّاء *Osmia* من آسيا إلى داخل أمريكا الشمالية لتلقيح اللوز والتفاح والأشجار المثمرة الأخرى.

نحل أوراق نبات البرسيم *Megachile rotundata*

نشأ نحل أوراق نبات البرسيم في المناطق الأوروأسيوية، وتمتد من أوروبا الغربية وشمال أفريقيا من خلال شمال إيران وجنوب سيبيريا إلى منغوليا. وعلى ما يبدو، قد تم إدخال نحل أوراق نبات البرسيم (*M. rotundata*) بالصدفة على الساحل الشرقي للولايات المتحدة، حيث تم العُثور عليها لأول مرة في الثلاثينيات من القرن الماضي، وقد أُكِدَ وجودها في هذا البلد في الأربعينيات (Stephen, 2003). وأدخلت قصداً إلى كندا لأول مرة في سنة ١٩٦٢م، (Hobbs, 1964)، مع إعادة الإدخال في عامي ١٩٦٤م و ١٩٦٦م (Stephen, 2003). وتم الإدخال الأول غير الناجح لنحل أوراق نبات البرسيم (*M. rotundata*) من الولايات المتحدة إلى تشيلي في سنة ١٩٦٣م، وتلاها إدخالات عديدة وكبيرة من الولايات المتحدة في سنة ١٩٧١م. وقد هدفت هذه الإدخالات إلى تحسين إنتاج بذور البرسيم (Rose, 2002). وأدخلت هذه النحلة إلى الأرجنتين في السبعينيات (Martinez, 2001) ، إلى نيوزيلندا في عام ١٩٧١م (Donovan, 1975) من إيداهوان ومن السلالات الكندية، ومن هناك إلى أستراليا في أوائل السبعينيات. وجرت إدخالات أخرى لجنوب أستراليا في سنة ١٩٧٠م (من كندا) وبين سنوات ١٩٨٨م و١٩٩٦م من نيوزيلندا (Woodward, 1996). وقد استوردت أعداد مختلفة من نحل أوراق نبات البرسيم (*M. rotundata*) إلى أستراليا بين سنوات ١٩٩٨ و٢٠٠٥م، (Anderson, 2006). ويتوفر القليل من المعلومات حول مجتمعات النحل قاطع الأوراق من عائلة Megachilidae المُدخلة، ولكن تشير دراسة واحدة إلى أن هذه الأنواع الانفرادية لن تحقق كثافة عالية في أستراليا (Woodward, 1996).

يُعد نحل أوراق نبات البرسيم (*M. rotundata*) متخصصا جداً في تفضيل قوي لزهور البرسيم التي يزورها حتى عندما يكون هناك نباتات مزهرة في الجوار، حيث تصل لمعدلات تلقيح عالية جداً (٨٠-١٠٠ ٪ في بعض الحالات؛ Bosch and Kemp,

2005). وتُربى على نطاقٍ واسعٍ تجارياً، ويعشش هذا النوع ويكمل دورة حياته في حقول البرسيم التي يقوم بتلقيحها، شريطة وجود أعدد كافية لتجاويف التعشيش المُتاحة. وتُثبط الأعداد الكبيرة من إناث (*M. rotundata*) السارحة، سروح نحل النوميا المحلي *Nomia melanderi* (*Halcitidae*) في حقول البرسيم التجريبية في مواقع عدة من ولاية واشنطن (Mayer and Johansen, 2003). ولم يتم التطرق بالدراسة، فيما إذا كان لهذا النشاط الكبير لنحل أوراق نبات البرسيم أثر على تكاثر نحل النوميا.

النحل القاطع لأوراق المرار .*Megachile apicalis*

وهذا النوع من النحل مستوطن في المناطق الأوروأسيوية أيضاً، وتمتد من غرب أوروبا إلى أوكرانيا شمالاً وإلى أوزبكستان شرقاً. وكان إدخالها إلى الولايات المتحدة بالصدفة (Stephen, 2003). ونوع *M. apicalis* متخصص جداً على عشبة القنطريون أو المرار *Centurea spp.* (Astereaceae) وهي تتقاطع من حيث المدى الجغرافي مع نحل أوراق نبات البرسيم في كاليفورنيا وتتماثل معها في النشوء من نفس الأصل. وتظهر *M. apicalis* قبل *M. rotundata* في الطبيعة ولكن في الوقت الذي لا يكون فيه العائل قد أزهر بعد. وعندما يزهر العائل، تظهر *M. apicalis* بأعدادٍ كبيرة وتعمل على إحلال أماكن تعشيش نحل أوراق نبات البرسيم *M. rotundata*. ويُعد هذا النزوح العدواني مشكلة حادة للمزارعين الذين يستخدمون نحل أوراق نبات البرسيم *M. rotundata* لإنتاج بذور البرسيم (Stephen, 2003). ويحدث تبادل المنافع والمصالح للأنواع المدخلة عندما يُيسر أو يسهل نوعان أو أكثر من الأنواع توطنهما وانتشارهما معاً بمنطقة جغرافية جديدة (Richardson et al, 2000). ويمكن للنحل والأعشاب أن تتبادلا المنافع والمصالح كنوعين دخيلين، كما هي الحال بالنسبة لنحل العسل وعشبة المرار (Barthell et al., 2001).

وقد يحدث تبادل المنافع والمصالح بين أنواع أخرى للمرار (*Centaurea* sp.) وأفراد نحل *M. apicalis* (Barthell et al., 2003). كما أن أفراد النحل من نوع *M. apicalis*

تُظهر نزعة قوية في المنافسة على مواقع التعشيش ولديها القدرة للتأثير في أنواع النحل الأخرى التي تقوم بالتعشيش في التجاويف أيضاً، ولكن هذا التفاعل الممكن لم يتم توثيقه حتى الآن (Barthell et al., 2003).

النحل البنّاء *Osmia cornifrons*

النحل البنّاء *O. cornifrons* ويعرف بالنحل البنّاء الياباني ذو الوجه القرني أو المقدمة القرنية، وهي مستوطنة أصلا باليابان، وكانت النحلة المُستوردة الأولى لتلقيح التفاح من اليابان إلى داخل ولاية يوتا في سنة ١٩٦٥م، ولكنها لم تستمر بالحياة هناك. وفي سنة ١٩٧٦م، اُستوردت إلى داخل ولاية ماريلاند، حيث ازدهرت في مناخ يشبه مناخ مناطق اليابان الوسطى (Batra, 1979). ويفضل هذا النحل بقوة زهور العائلة الوردية، وعلى عكس نحل العسل، فإنها لن تنصرف من العائلة الوردية وتنجذب بسهولة لنباتات الهندباء والأعشاب الأخرى. وتلقح نحلة الوجة القرني أزهار التفاح بفاعلية تفوق فعالية عاملة نحل العسل بحوالي ٨٠ مرة (Maeta, 1990). ولا تتوفر معلومات حول الآثار المحتملة للنحل البنّاء *O. cornifrons* على النباتات الأصلية أو على الملقحات الأخرى.

نحل النوميا **Halictidae**

نحل النوميا أو النحل الكادح أو نحل العرق، *Nomia melanderi*، وهي مستوطنة في غرب أمريكا الشمالية وتُستخدم في الولايات المتحدة لتلقيح البرسيم. وقد أُدخلت لنيوزيلندا في سنة ١٩٧١م لإنتاج بذور البرسيم (Donovan, 1975, 1979). وتجمع إناث نحل النوميا حبوب اللقاح من الأزهار المركبة أو زهور البرسيم عندما تكون وفيرة بالقرب من مواقع العش. ولم تتم مشاهدة نحل النوميا على الأزهار المحلية في نيوزيلندا، على الرغم من أن حبوب اللقاح التي أزيلت من سلة حبوب اللقاح في شغالات نحل النوميا

في المناطق الشاطئية احتوت على ١٪ من حبوب لقاح النبات البري *Selliera sp.* (Goodeniaceae) (Donovan, 1980) وزادت أعشاش، وكذلك شغالات نحل النوميا، من ٧٠ عشاً في سنة ١٩٧١م إلى حوالي ١٤ألف عش في سنة ١٩٨٠م. وتتطور المجتمعات الكبيرة، فقط، في تربة العش المحلية القليلة جداً أو على مقربة من حقول بذور البرسيم حيث توفر مواقع العش الموجودة أصلاً (Donovan, 1980).

الجوانب العملية والقانونية لإدخال أنواع النحل الغريبة

نُفذت معظم إدخالات النحل من دون تقييم مُسبق للآثار المُحتملة لهذه الكائنات على البيئة. وتُركز جميع القوانين والأنظمة التي تتعلق وتحدد استيراد النحل تقريباً على الوقاية من الأمراض والطفيليات المرتبطة مع النباتات ونحل العسل بدون النظر في الآثار البيئية السلبية المُحتملة المُرتبطة بالنحل نفسه (Flanders et al., 2003).

وقد أدت المخاطر التي حدثت بالفعل على مجتمعات النحل البرية أو التي يمكن أن تحدث بسبب الملقحات المدخلة إلى فرض قيود على استيراد النحل البري من قبل العديد من الحكومات. ويحظُر قانون الحياة البرية والريف (١٩٨١م) للمملكة المتحدة، على سبيل المثال، إطلاق وإدخال أي حيوان غير موجود أصلا في البيئة المحلية، ويشمل ذلك المناطق شبه المحصورة مثل الدفيئات والبيوت الزراعية التجارية. وأدى نفس القلق بحكومة جزر الكناري أن تحصر استخدام النحل الطنّان على أراضيها بنوع *B. canariensis* فقط في تلقيح النباتات داخل الدفيئات الزراعية. وقد أدرجت الحكومة اليابانية النحل الطنّان من نوع *B. terrestris* في لائحة الأنواع الغريبة المدخلة (Velthuis and van Doorn, 2006)، وعلى الأرجح سيتم حظر الاستيراد في المستقبل القريب. ولا تسمح الصين وجنوب أفريقيا باستيراد النحل الطنّان من نوع *B. terrestris* (Velthuis and van Doorn, 2006). وقد أدى تغيير دينامكية التلقيح الطبيعي في نيوساوث ويلز الناجمة عن وجود النحل الطنّان *B. terrestris* إلى إدراج هذا النوع كعامل تهديد بيئي

رئيس (وزارة البيئة والمحافظة من نيوساوث ويلز، 2004)، وفي فيكتوريا، وأستراليا، فهو مدرج بقائمة العمليات التي تُشكل تهديداً محتملاً (اللجنة الاستشارية العلمية الفيكتورية، 2000).

والولايات المتحدة في أمريكا الشمالية تحظر أو تقيّد استيراد نحل العسل لمنع دخول الآفات والطفيليات. وينَظم استيراد الملقحات غير نحل العسل بموجب قانون وقاية النباتات لسنة ٢٠٠٠م، مع التركيز الرئيسي على منع دخول الطفيليات والجراثيم. وتُعتبر وكالة التفتيش الغذائية الكندية (CFIA) المسؤولة عن تنظيم إدارة النحل في إطار قانون صحة الحيوانات لسنة ١٩٩٠، وينظم الاستيراد بموجب نظم ولوائح حظر استيراد نحل العسل لسنة ٢٠٠٤م. وعلى غرار الولايات المتحدة، فإن قانون حماية النبات الكندي لسنة ١٩٩٠م يتعامل ويغطي أنواع الملقحات الأخرى من قبل الإدارة في مديرية المنتجات النباتية، وشعبة الصحة النباتية وقسم التصدير والاستيراد. وكما ذُكر سابقاً، فإن القانون الاتحادي للصحة الحيوانية لسنة ١٩٩٣م في المكسيك وضع الأسس لرصد، للوقاية، للسيطرة، وللقضاء على الأمراض لجميع الحيوانات البرية في المكسيك (القانون الاتحادي لصحة الحيوانية، 2004). ويُنَظم استيراد المنتجات الزراعية في داخل المكسيك، بما في ذلك ثلاثة أنواع من النحل الطنّان من قبل الخدمة الوطنية لصحة الأغذية الزراعية والسلامة والجودة والتي تتطلب شهادات رسمية لصحة النحل.

ومن الأمثلة التي توضح التوازن المعقد بين التكاليف والعائدات وأصحاب المصلحة المعنيّين في صنع القرارات حول ما إذا كان إدخال أو عدم إدخال الملقحات أمراً جيداً بحالة الملقح *Anthophora plumipes* (Batra, 2003). وقد أحضرت هذه الأنواع من النحل من اليابان بين سنوات ١٩٨٩م و ١٩٩٥م، وتمت تربيتها وحفظها بمنشآت وزارة الزراعة الأميركية (وزارة الزراعة الأميركية) مركز البحوث الزراعية، بيلتسفيل (BARC). وقد أُرسلت الشكاوى حول إمكانية تداخل هذا النحل مع مجموعة النحل الأصيلة إلى

مديرية خدمات التفتيش الصحية للحيوان والنبات بوزارة الزراعة الأميركية (APHIS)، وقررت خدمات التفتيش الصحية للحيوان والنبات بناء على الشكاوى بالتخَلص وتدمير هذه المجموعات من النحل. وقد تم تدمير والتخلص من نصف مجتمعات النحل، وقد تم حفظ النصف الآخر في مركز البحوث الزراعية بيلتسفيل. وأثبتت الدراسات اللاحقة بأن *A. plumipes* لا تبعد عن أعشاشها الأصلية لمسافة تتعدى ٣٠ مترا (Batra, 2003). ومع ذلك، تكشف رحلات الجمع الأخيرة عن أن *A. plumipes* مستوطن ويشكل جيد في ولاية ماريلاند والمناطق المجاورة (Ascher, 2006).

وتتوفر معايير لاختيار الملقحات المُرشحة في الدراسات والمراجع المنشورة (وعلى سبيل المثال، Donovan, 1990). وتُعد هذه القوائم مع أخذ بعض المحاصيل المختارة بعين الاعتبار، ومعظم هذه الأنواع من المحاصيل، هي أنواع غريبة عن البلد الذي يُصدر اللائحة التنفيذية. وبالتالي المُلقح الموصى به غالباً ما يكون من الأنواع المدخلة الغريبة. وقد أعاق هذا النوع من التفكير والتحليل تطوير الملقحات الأصلية المحلية، لاسيما في البلدان التي تُعتبر فيها البحوث حول هذا الموضوع في بدايتها أو غير موجودة. ومن الأمثلة التي توضح هذه النقطة بشكل جيد هو استخدام النحل الطنّان للتلقيح في البلدان التي يمكن أن تُستخدم فيها الأنواع المحلية لنفس الغرض. ومن الناحية الفنية يمكن تربية خلايا النحل محلياً، وبأعداد كبيرة وفي الأوقات التي تكون هناك حاجة إليها. ولدى هذا النوع من التربية، مع ذلك، طابعُه الموسمي، ويأخذ البدء في الإنتاج من جديد في كل موسم جهداً أكثر من الجهد المبذول بعملية استمرار الإنتاج. بالإضافة إلى أن فترات عدم الطلب على هذه الخلايا محلياً، بسبب عدم الحاجة لها، يجب تعويضها، وبالتالي تصبح الخلايا المنتجة محلياً أكثر تكلفةً من تلك التي تأتي من مُنْتِج يقوم بالإنتاج بشكل منتظم على مدار العام.

وعلى ما يبدو، مَنعت هذه الصعوبة الاقتصادية ظهور الإنتاج المحلي للخلايا في بلدان عديدة، مع ما يترتب على ذلك من تقبل المخاطر المُحتملة لاستيراد خلايا النحل

من الخارج. وفي هذه الحالة، فإن الطرق الفعالة في تربية النحل الطنّان المستورد تضاعف من عوامل عدم تطوير تربية الملقحات المحلية. وفي أي بلد، يمكن أن يتم تلقيح محصول الطماطم المحلية على الأرجح بواسطة تلك الملقحات من النحل المحلي الذي يفضل العائلة الباذنجانية، إذاً هناك قلق حول الأخطار الكامنة في الاستيراد، كما ينبغي على الحكومة، وكذلك المزارعين أن يستثمروا في البحوث المتعلقة بهذا الاتجاه إذا أرادوا التنافس في السوق الدولية (وعلى سبيل المثال Hogendoorn et al., 2000 and Estay et al., 2001). ومن وجهة نظر سلامة وحماية الطبيعة، ينبغي مع ذلك أن يُشجع إنتاج أنواع الملقحات المحلية الأصلية.

الاستنتاجات

من الممكن أن يؤثر إدخال النحل لتلقيح المحاصيل (أو للأغراض الأخرى) على النباتات والملقحات، المحلية والمُدخلة على حدٍ سواء. وقد يكون أحد هذه التأثيرات لإدخال الأنواع الغريبة هو اضطراب النشاط الاقتصادي على الصعيدين الوطني والإقليمي، كما حدث مع صناعة تربية نحل العسل في معظم البلدان في الأمريكتين بعد إدخال نحل العسل الأفريقي إلى البرازيل. وتؤثر أنواع النحل المدخلة على تكاثر النباتات المحلية والمدخلة أيضاً، ولديها في بعض الأحيان آثار سلبية على بقاء النحل المحلي على قيد الحياة، على الخصوبة، كثافة المجتمعات، سلوك السروح، جمع الرحيق ونجاح عملية التكاثر.

وتقديم الأدلة العلمية لهذه التغيرات ليس سهلاً. ومع ذلك، أثبتت الدراسات الحديثة القليلة أن الملقحات المدخلة تؤثر على ناتج التكاثر لأنواع للملقحات المحلية. والدليل على اضطراب تكاثر النباتات هو أكثر سهولةً. وقد تم توضيح عملية تبادل المنافع والمصالح للأنواع المدخلة بين الملقحات والأعشاب أيضاً (انظر الفصل العاشر).

وحسب رأيي، ينبغي النظر في استخدام الملقحات الغريبة المدخلة بمثابة الملاذ الأخير، وينبغي إعطاء الأفضلية لتطوير الملقحات المحلية الأصيلة على استيراد الملقحات التي تطورت في أماكن أخرى. ومع ذلك، يجب التوصل في بعض الحالات إلى حل وسط لابد منه بين الحاجة لملقحات المحاصيل والجدوى الاقتصادية لتطوير الأنواع المحلية من الملقحات.

والآثار المُترتبة على إدخال النحل قد تكون في بعض الأحيان غير متوقعة، كما هي الحال مع إدخال الأنواع المفيدة الأخرى مثل عوامل المكافحة البيولوجية (استعرضت: Richardson et al., 2000). وفي بعض الحالات، فإن العائل المعني لا يُقدم الدعم اللازم لمجتمعات الكائن (العدو الحيوي) المدخل على المدى الطويل، ويمكن للأنواع غير المُستهدفة أن تعاني من الإصابة أو التطفل أثناء فترة التحول أوالعبور نتيجةً لانتشار وامتداد التطفل بفترة وجيزة بعد إدخال العدو الحيوي. وعلى الرغم من أن هذه الفترة قد لا تكون طويلة، فإنه يمكن أن تسبب اختفاء أو انقراضاً للأنواع غير المستهدفة (Lynch et al., 2002). وقد تحدث حالة مماثلة مع إدخال الملقحات. وأشار الباحث Bohart (١٩٦٢م) إلى الأخطار الثلاثة الكامنة في إدخال الملقحات الخارجية للولايات المتحدة: (١) إدخال لأحد مفصليات الأرجل أو الكائنات الحية الأخرى غير المرغوب فيها، (٢) الضرر الكامن على النباتات و(٣) والإحلال التنافسي للأنواع المحلية.

وتتكشف الحالة التي تُوضح عملية قُبول أو رفض استيراد أنواع النحل الغريبة حالياً في أستراليا بشأن استيراد النحل الطنّان *Bombus terrestris* لتلقيح الطماطم المزروعة تحت الدفيئات. حيث دافع مزارعو البندورة، مُمَثلين بواسطة جمعية الزراعة المائية والزراعة تحت الدفيئات الأسترالية (AHGA) لاستخدام هذه الحشرة بمثابة البديل الواقعي الوحيد للتلقيح الفعّال للبندورة على نحو اقتصادي. وفي الوقت نفسه، عارض العلماء والمواطنون المهتمون، بقيادة مركز بحوث النحل المحلي الإسترالي، هذا

الاستيراد، بحجة التهديدات المحتملة للزراعة، والنحل المحلي، والطيور والنباتات والحدائق في المناطق الحضرية. وفي الوقت نفسه، عرضت مجموعة من الباحثين أحد أنواع النحل المحلي كبديل للنحل الطنّان (Hogendoorn et al., 2006).

وأيا كانت نتيجة هذه الحالة، فإن عملية تقديم أدلة من كلا الجانبين تجري بنشاط، وستحصل الوكالة التنظيمية المسؤولة عن اتخاذ القرار على معلومات رصينة تستند إليها في قراراتها. ومعظم الاستيراد الذي حدث في الماضي، والذي حدث في أجزاء أخرى من العالم تم دون النظر في أية معلومات أساسية، وأن آثار هذا الاستيراد لا رجعة فيها الآن.

كما أن استئصال الكائنات الحية غير المرغوب فيها غير ممكن أو غير عملي في معظم الحالات، ولكن الدروس من الماضي يجب أن تُؤخذ بعين الاعتبار عند التخطيط للتعديلات البيئية في المستقبل، كما في حالة اقتراح إدخال الأنواع الغريبة. وقد يظهر تأثير الملقحات المدخلة على النُظم البيئية المحلية على نطاقٍ ضيق وتبدو غير مهمة ويمكن أن تمر مرور الكرام لفترات طويلة من الزمن. وقبول تعديل آخر على البيئة وبشكل مقصود، ليس عملاً غير مسئول فحسب، بل هو غير أخلاقي أيضاً.

المراجع العلمية

Abrahamovich, A. H., Telleria, M. C., and Diaz, N. B. (2001). Bombus species and their associated flora in Argentina. Bee World, 82, 76-87.

Anderson, D. (2006). Improving lucerne pollination with leafcutter bees: Stage 2 (Publication No. 06/108, Project No. CSE-91). Canberra, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation.

Arizmendi, M. C., Dominguez, C. A., and Dirzo, R. (1995). The role of an avian nectar robber and of hummingbird pollinators in the reproduction of two plant species. Functional Ecology, 10, 119-127.

Arretz, P. V., and Macfarlane, R. P. (1986). The introduction of B. ruderatus to Chile for red clover pollination. Bee World, 67, 15-22.

Ascher, J. (2006). Introducing pollinators to new areas? Message posted on March 7, 2006, to http://lists.sonic.net/pipermail/pollinator/2006-March/000219.html.

Barthell, J. F., Randall, J. M., Thorp, R. W., and Wenner, A. M. (2001). Promotion of seed set in yellow star-thistle by honey bees: Evidence of an invasive mutualism. Ecological Applications, 11, 1870-1883.

Barthell, J. F., Thorp, R. W., Frankie, G. W., Kim, J. Y., and Hranitz, J. M. (2003). Impacts of introduced solitary bees on natural and agricultural systems: The case of the leafcutting bee, Megachile apicalis (Hymenoptera: Megachilidae). In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (151-162). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Batra, S. W. T. (1979). Osmia cornifrons and Pithitis smaragdula, two Asian bees introduced into the U.S. for crop pollination. In Proceedings of the IV International Symposium on Pollination (207-312) Colleg Park, MD: Maryland Agricultural Experimental Station.

----(2003). Bee introductions to pollinate our crops. In K. Stricklerand J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (85-98). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Benecke, F. (2003). Commercial beekeeping in Australia (Publication No. 03/037, Project No FSB-1A). Canberra, Asutralia: Rural Industries Research and Development Corporation.

Bohart, G. E. (1962). Introduction of foreign pollinators, prospects and problems. In Proceedings of the First International Symposium on Pollination, Copenhagen (Communication No. 7, 181-188). Sval?v, Sweden : Swedish Seed Growers' Association.

Borneck, R., and Bricout, J. P. (1984). Evaluation de l'incidence économique de l'entomofaune pollinisatrice en agriculture. Bulletin of Technical Apiculture, 11, 47, 117-124.

Borneck, R., and Merle, B. (1989). Essai d'une evaluation de l'incidence economique de l'abeille pollinisatrice dans l'agriculture européenne. Apiacta, 24, 33-38.

Bosch, J., and Kemp, W. P. (2005). Alfalfa leafcutting bee population dynamics, flower availability, and pollination rates in two Oregon alfalfa fields. Journal of Economic Entomology, 98, 1077-1086.

Bradbear, N., and MacKay, K. (1995). Developing agencies funding and interinstitutional cooperation. In P. Kevan (Ed.), The Asiatic honey bee: Apiculture, biology, and role in sustainable development in tropical and subtropical Asia (271-292). Cambridge, Ontario, Canada: Enviroquest.

Butz-Huryn, V. M. (1997). Ecological impacts of introduced honey bees. Quarterly Review of Biology, 72, 275-297.

Cameron, S. A., Hines, H. M., and Williams, P. H. (2007). A comprehensive phylogeny of the bumble bees (Bombus). Biological Journal of the Linnean Society, 91, 161-188.

Cane, J. H. (2003). Exotic nonsocial bees (Hymenoptera: Apiformes) in North America: Ecological implications. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (113-126). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Carmo, R. S., Franceschinelli, E. V., and Silveira, F. A. (2004). Introduced honey bees (Apis mellifera) reduce pollination success without affecting the floral resource taken by native pollinators. Biotropica, 36, 371-376.

Carreck, N., and Williams, I. (1998). The economic value of bees in the UK. Bee World, 79, 115-123.

Celebrezze, T., and Paton, D. C. (2004). Do introduced honey bees (Apis mellifera, Hymenoptera) provide full pollination service to bird-adapted Australian plants with small flowers? An experimental study of Brachyloma ericoides (Epacridaceae). Austral Ecology, 29, 129-136.

Chitka, L., Ings, T. C., and Raine, N. E. (2004). Chance and adaptation in the evolution of island bumblebee behaviour. Population Ecology, 46, 243-251.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos (2004). Ley Federal de Sanidad Animal. Diario Oficial de la Federacion. México, D. F. México. Retrieved February 25, 2008, from http://vlex.com.mx/vid/28095064.

Crane, E. (1995). History of beekeeping with Apis cerana in Asia. In P. Kevan (Ed.), The Asiatic honey bee: Apiculture, biology, and role in sustainable development in tropical and subtropical Asia (3-18). Cambridge, Ontario, Canada: Enviroquest.

Delaplane, K. S., and Mayer, D. F. (2000). Crop pollination by bees. Wallingford, Oxon, UK: CABI.

Department of Environment and Conservation of New South Wales. (2004). Introduction of the large earth bumblebee, Bombus terrestris: Key threatening process declaration. Retrieved February 15, 2007, from http://www.nationalparks.nsw.gov.au/ npws.nsf/content/bombus terrestris ktp declaration.

Dollin, A. (2003). Bumblebees buzzing. Feral Herald: Newsletter of the Invasive Species Council, 1(4), 1-2.

Donovan, B. J. (1975). Introduction of new bee species for pollinating lucerne. Proceedings of the New Zealand Grasslands Association, 36, 123-128.

----(1979) Importation, establishment and propagation of the alkali bee Nomia melanderi Cockerell (Hymenoptera: Halictidae) in New Zealand. In Proceedings of the 4th International Symposium on Pollination (257-268). College Park, MD: Maryland Agricultural Experimental Station.

----(1980). Interactions between native and introduced bees in New Zealand. New Zealand Journal of Ecology, 3, 104-116.

----(1990). Selection and importation of new pollinators to New Zealand. New Zealand Entomologist, 13, 26-32.

Estay, P., Wagner, A, and Escaff, M. (2001). Evaluacion de Bombus dahlbomii (Guér.) como agente polinizador de fl ores de tomate (Lycopersicon esculentum (Mill.), bajo condiciones de invernadero. Agricultura Técnica (Chile), 61, 113-119.

Flanders, R. V., Wehling, W. F., and Craghead, A. L. (2003). Laws and regulations on the import, movement, and release of bees in the United States. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (99-111). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Freitas, B. M., Martins, C., Wittmann, D., Santos, I. A., Cane, J., Ribeiro, M., (2003). Bee management for pollination purposes: Bumblebees and solitary bees. Report of activities and preliminary results: S?o Paulo Declaration on Pollinators Plus 5 Forum, October, Sao Paulo, SP, Brazil.

Froggatt, W. W. (1912). Suggested importation of humble bees. Agricultural Gazette, 23 (12), 896.

Galen, C. (1983). The effects of nectar thieving ants on seed set in floral scent morphs of Polemonium viscosum. Oikos, 41, 245-249.

Glaiim, M. K. (2005). First defi nitive record of Apis fl orea in Iraq. Retrieved March 12, 2006, from http://www.beesfordevelopment.org/info/info/species/fi rst-defi nitive-record-o.shtml.

Gordon, J., and Davis, L. (2003). Valuing honey bee pollination (Publication No. 03/077, Project No. CIE -15A). Canberra, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation.

Goulson, D. (2003). Effects of introduced bees on native ecosystems. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 34, 1-26.

Goulson, D., and Hanley, M. E. (2004). Distribution and forage use of exotic bumblebees in South Island, New Zealand. New Zealand Journal of Ecology, 28(2), 225-232.

Hanley, M. E., and Goulson, D. (2003). Introduced weeds pollinated by introduced bees: Cause or effect? Weed Biology and Management, 3, 204-212.

Heinrich, B., and Raven, P. H. (1972). Energetics and pollination ecology. Science, 176, 597-602.

Hingston, A. B. (2005). Does the introduced bumble bee, Bombus terrestris (Apidae), prefer flowers of introduced or native plants in Australia? Australian Journal of Zoology, 53, 29-34.

Hingston, A. B., and McQuillan, P. B. (1998). Nectar robbing in Epacris impressa (Epacridaceae) by the recently introduced bumble bee Bombus terrestris (Apidae) in Tasmania. Victorian Naturalist, 115, 116-119.

----(1990). Displacement of Tasmanian native megachilid bees by the recently introduced bumble bee Bombus terrestris (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae). Australian Journal of Ecology, 47, 59-65.

Hobbs, G. A. (1964). Importing and managing the alfalfa leaf-cutter bees (Canada Department of Agriculture Publication No. 1209). Ottawa, Ontario: Canada Department of Agriculture.

Hogendoorn, K., Gross, C. L., Sedgley, M., and Keller, M. A. (2006). Increased tomato yield through pollination by native Australian Amegilla chlorocyanea (Hymenoptera: Anthophoridae). Journal of Economic Entomology, 99(3), 828-833.

Hogendoorn, K., Steen, Z., and Schwarz, M. P. (2000). Native Australian carpenter bees as a potential alternative to introducing bumblebees for tomato pollination in greenhouses. Journal of Apicultural Research, 39, 67-74.

Ings, T. C., Schikora, J., and Chittka, L. (2005). Bumblebees: Humble pollinators or assiduous invaders? A population comparison of foraging performance in B. terrestris. Oecologia, 144, 508-516.

Inouye, D. W. (1979). The terminology of floral larceny. Ecology, 61, 1251-1253.

Irwin, R. E., and Brody, A. K. (1999). Nectar-robbing bumble bees reduce the fitness of Ipomopsis aggregata (Polemoniaceae). Ecology, 80, 1703-1712.

Lastra-Marin, I. J., and Peralta-Arias, M. A. (2000). Situacion actualy perspectiva de la Apicultura en México 2000. México, D. F. Mexico: Secretaria de Agricultura y Ganaderia.

Lynch, L. D., Ives, A. R., Waage, J. K., Hochberg, M. E., and Thomas, M. B. (2002). The risks of biocontrol: Transient impacts and minimum nontarget densities. Ecological Applications 12, 1872-1882.

Macfarlane, R. P., and Gurr, L. (1995). Distribution of bumble bees in New Zealand. New Zealand Entomology, 18, 29-36.

Maeta, Y. (1990). Utilization of wild bees. Farming Japan, 24, 13-19.

Martinez, E. (2001). Polinizacion de alfalfa, Megachile rotundata (Hoja Informativa 14). Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria.

Mayer, D. F., and Johansen, C. A. (2003). The rise and decline of Nomia melanderi (Hymenoptera: Halictidae) as a commercial pollinator for alfalfa seed. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (139-150). Lanham, MD: Entomological Society of America.

McDade, L. A., and Kinsman, S. (1980). The impact of fl oral parasitism in two neotropical hummingbird- pollinated plant species. Evolution, 34, 944-958.

Michener, C. D. (2000). The bees of the world. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Molina-Freaner, F., and Eguiarte, L. E. (2003). The pollination biology of two paniculate agaves (Agavaceae) from northwestern Mexico: Contrasting roles of bats as pollinators. American Journal of Botany, 90, 1016-1024.

Morales, C. L., and Aizen, M. A. (2002). Does invasion of exotic plants promote invasion of exotic fl ower visitors? A case study from the temperate forests of southern Andes. Biological Invasions, 4, 87-100.

Morales, C. L., and Aizen, M. A. (2006). Invasive mutualisms and the structure of plant-pollinatorinteractions in the temperate forests of north-west Patagonia, Argentina. Journal of Ecology, 94, 171-180.

Morse, R. A., and Calderone, N. W. (2000). The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. Bee Culture, 132, 1-19.

Morris, W. F. (1996). Mutualism denied: Nectar robbing bumble bees do not reduce female or male success of bluebells. Ecology, 77, 1451-1462.

Nabhan, G. P., and Buchmann, S. L. (1997). Services provided by pollinators. In G. Daily (Ed.), Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems (133-150). Washington, DC: Island Press.

Newton, S. D., and Hill, G. D. (1983). Robbing of fi eld bean fl owers by the short-tongued bumble bee Bombus terrestris L. Journal of Apicultural Research, 22, 124-129.

Paini, D. R. (2004). The impact of the introduced honey bee (Apis mellifera) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: A review. Austral Ecology, 29, 399-407.

Paini, D. R., and Roberts, J. D. (2005). Commercial honey bees (Apis mellifera) reduce the fecundity of an Australian native bee (Hylaeus alcyoneus). Biological Conservation, 123, 103-112.

Paini, D. R., Williams, M. R., and Roberts, J. D. (2005). No short-term impact of honey bees on the reproductive success of an Australian native bee. Apidologie, 36, 613-621.

Paton, D. C. (1993). Honey bees in the Australian environment. Does Apis mellifera disrupt or benefit the native biota? Bioscience, 43, 95-103.

----(1996). Overview of the feral and managed honey bees of Australia: Distribution, abundance, extent of interactions with native biota, evidence of impacts and future research. Canberra: Australian Nature Conservation Society.

----(1997). Honey bees and the disruption of plant-pollinator systems in Australia. Victorian Naturalist, 114, 23-29.

Pellett, F. C. (1938). History of American beekeeping. Ames, IA: Collegiate Press.

Pinto, M. A., Johnston, J. S., Rubink, W. L., Coulson, R. N., Patton, J. C., and Sheppard, W. S.(2003). Identification of Africanized honey bee (Hymenoptera: Apidae) mitochondrial DNA: Validation of a rapid polymerase chain reaction-based assay. Annals of the Entomological Society of America, 96, 679-684.

Rayment, T. (1935). A cluster of bees. Sydney, Australia: Endeavour Press.

Rebolledo, R. R., Martinez, H., Palma, R., Aguilera, A., and Klein, C. (2004). Actividad de visita de B. dahlbomi (Guérin) y B. ruderatus (F.) (Hymenoptera: Apidae) sobre trébol Rosado (Trifolium pratense L.) en la IX region de la Araucania, Chile. Agricultura Técnica (Chile), 64, 245-250.

Richardson, D. M., Pysek, P., Rejmanek, M., Barbour, M. G., Panneta, F. D., and West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and defi nitions. Diversity and Distributions, 6, 93-107.

Robinson, W. S., Nowodgrodzki, R., and Morse, R. A. (1989). The value of bees as pollinators of U.S. crops. American Bee Journal, 129, 411-423, 477-487.

Rocha, M., Valera, A., and Eguiarte, L. E. (2005). Reproductive ecology of fi ve sympatric Agave littaea (Agavaceae) species in central Mexico. American Journal of Botany, 92, 1330-1341.

Roubik, D. W. (1982). The ecological impact of nectar robbing bees and pollinating hummingbirds on a tropical shrub. Ecology, 63, 354-360.

Roubik, D. W., Holbrook, N. M., and Parra, G. (1985). Roles of nectar robbers in reproduction of the tropical treelet Quassia amara (Simaroubaceae). Oecologia, 66, 161-167.

Ruz, L. (2002). Bee pollinators introduced to Chile: A review. In P. Kevan and V. L. Imperatriz Fonseca (Eds.), Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature (155-167). Brasilia,Brazil: Ministry of Environment.

Schaffer, W. M., Zeh, D. W., Buchmann, S. L., Kleinhans, S., Valentine Schaffer, M., and Antrim, J.(1983). Competition for nectar between introduced honey bees and native North American bees and ants. Ecology, 64, 564-577.

Scott-Dupree, C., Winston, M., Hergert, G., Jay, S. C., Nelson, D., and Gates, J. (1995). A guide to managing bees for crop pollination. Guelph, Ontario: Canadian Association of Professional Apiculturalists.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidady Calidad Agroalimentaria). 2006. Requisitos zoosanitarios para la importacion. Retrieved February 25, 2008, from http://148.245.191.4/ zooweb/Funcion.aspx.

Southwick, E. E., and Southwick, L. (1992). Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the U.S. Journal of Economic Entomology, 85, 621-633.

Stephen, W. P. (2003). Solitary bees in North American agriculture: A perspective. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (41-66). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Stout, J. C., Allen, J. A., and Goulson, D. (2000). Nectar robbing, forager effi ciency and seed set: Bumblebees foraging on the self-incompatible plant Linaria vulgaris Mill. (Scrophulariaceae). Acta Oecologica, 21, 277-283.

Sumner, D. A., and Boriss, H. (2006). Bee-conomics and the leap in pollination fees. Agriculture and Resource Economics Update, 9, 9-11.

Thomson, D. (2004). Competitive interactions between the invasive European honey bee and native bumble bees. Ecology, 85, 458-470.

Thorp, R. W. (2003). Bumble bees (Hymenoptera: Apidae): Commercial use and environmental concerns. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (21-40). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Velthuis, H. H. W., and van Doorn, A. (2006). A century of advances in bumble bee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie, 37, 421-451.

Victorian Scientifi c Advisory Committee. (2000). Final recommendation on a nomination for listing: The introduction and spread of the large earth bumblebee Bombus terrestris L. into Victorian terrestrial environments. Melbourne, Australia: Department of Sustainability and Environment, State of Victoria.

Williams, P. H. (2005). Bombus: Bumblebees of the world. Retrieved May 10, 2006, from http:// www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/bombus/pr.html#ephippiatus.

Wilson, P., and Thomson, D. (1991). Heterogeneity among fl oral visitors leads to discordance between removal and deposition of pollen. Ecology, 72, 1503-1507.

Woodward, D. R. (1996). Monitoring for impact of the introduced leafcutting bee, Megachile rotundata (F) (Hymenoptera: Megachilidae), near release sites in South Australia. Australian Journal of Entomology, 35, 187-191.

Zimmerman, M., and Cook, S. (1985). Pollinator foraging, experimental nectar-robbing and plant fi tness in Impatiens capensis. American Midland Naturalist, 113, 84-91.

الفصل العاشر

العلاقة بين النبات وأنواع النحل الدخيلة
Karren Goodell

مقدمة

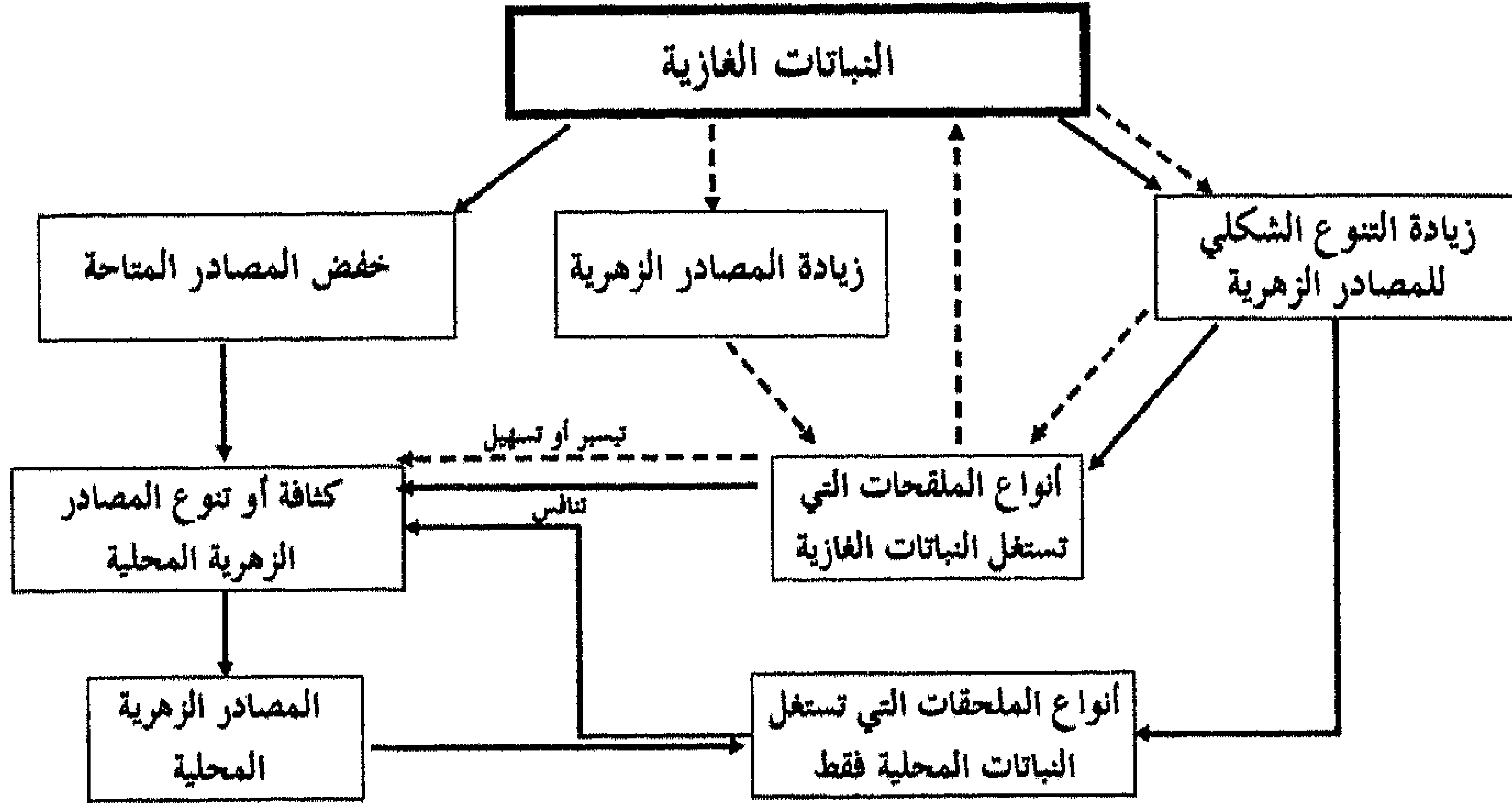
يهدد غزو النباتات الغريبة النُظم البيئية الطبيعية، وتؤدي إلى آثارٍ بيئية متنوعة يصعب التنبؤ بها (Schmitz et al., 1997., Gordon, 1998; Parker et al., 1999 and Ehrenfeld, 2003). ومكافحة هذه النباتات مكلف اقتصادياً، وتتكبد الزراعة خسائر سنوية تقدر بملايين الدولارات أيضاً (Pemintel et al., 2005). وليس من المستغرب أن معظم البحوث قد ركزت على الدراسات الإحصائية والتنظيمية لمجتمعات النباتات الدخيلة أو الغازية (Parker, 2000; Koop and Horvitz, 2005 and Hyatt and Araki, 2006). ويمكن أن تؤثر التداخلات ذات المنفعة المتبادلة بين النباتات الدخيلة وملقحاتها في تطور مجتمعات النباتات الدخيلة وملقحاتها على حدٍ سواء (الشكل ١٠,١). ومن الواضح بأن هذه التداخلات مهمة في تحديد مخرجات غزو النباتات الغريبة، لأن أكثر من ٩٠٪ من النباتات الزهرية يتم تلقيحها بواسطة الحيوانات (Daily et al., 1997).

وقد يعزز تلقيح الحشرات مثل النحل إنتاج البذور في بعض النباتات الدخيلة الغازية، والتي يمكن بدورها أن تُساعد في انتشار هذه النباتات. وبالعكس فعدم وجود الملقحات المناسبة يحد من استيطان وانتشار بعض النباتات غير المحلية. وتؤثر النباتات

الدخيلة غير المحلية على مجتمعات النحل المحلية بشكل مباشر أيضاً عن طريق زيادة المصادر الزهرية لذلك المجتمع أو بشكل غير مباشر عن طريق الحد من وفرة أو تنوع موارد الأزهار المتاحة. وإذا اعتمدت وتطورت الملقحات على نباتات غير محلية وسهلت عملية إنتاج البذور فيها، يمكن أن يكون لهذا ردود فعل إيجابية في تشجيع نمو هذه المجتمعات وانتشار الأنواع الدخيلة فيها. وأخيراً، قد تعمل النباتات غير المحلية على تغيّر في وفرة أو في سلوك النحل، الشيء الذي يؤثر بشكلٍ غير مباشر على تكاثر النباتات المحلية التي تشترك بهذه الملقحات مع الأنواع النباتية الدخلية من خلال المنافسة أو تسهيل زيارة الأزهار. كما يؤدي نقل حبوب اللقاح غير المناسب والمنتظم بواسطة الملقحات التي تتنقل بين زهور النباتات المحلية وزهور النباتات الدخيلة إلى التقليل من نجاح تكاثر النباتات المحلية بوجود النباتات الدخيلة. ويمكن لغزو النباتات الدخيلة أن يُولد ردود فعل سلبية على تكاثر النباتات المحلية إذا أدى الانخفاض في كثافة النباتات المحلية أو تنوعها إلى انخفاض في أعداد الملقحات التي تخدم النباتات المحلية أيضاً (الشكل ١٠,١).

وتشارك البيئة الخاصة بنوع الملقح والنبات المعنيّين بشكلٍ واضحٍ على مخرجات التداخلات مع النباتات الدخيلة "الغازية" أيضاً. ويساهم التباين في العوامل البيئية، مثل نُظم التزاوج وفترات الإزهار للنباتات أو اتساع النظام الغذائي وتوقيت حدوث التكاثر للملقحات في مجموعة متنوعة من الردود المحتملة للنباتات والملقحات المحلية على النباتات الدخيلة أو الغازية. وإذا اعتبرت التداخلات بين النباتات الدخيلة والملقحات إيجابية أو سلبية ففوق كل شيء فإن الُحكم على قيمة هذه التداخلات وأثرها سيعتمد على عملية الحفاظ على الأنواع وعلى الأهمية الاقتصادية للأنواع المعنية.كما أن فهم التداخلات بين الملقحات والنباتات الدخيلة من منظور الملقحات مسألة تستغرق وقتاً، بسبب القلق بشأن حالة مجتمعات الملقحات المحلية (Kearans et al., 1998; Biesmeijer et al., 2006 and National Research Council, 2006). ويمكن لآثار النباتات الغازية أن تُعرض وتناقش في سياق البحوث الأخرى من خلال العوامل التي تؤثر في الملقحات

(وعلى سبيل المثال، Stefan-Dewenter and Tscharntke, 1999; Goulson et al., 2002; Kremen et al., 2002, 2004;Thompson, 2004; Can et al., 2006 and McFrederick and Lebuhn 2006).



الشكل (١٠,١). نموذج مبدئي يصور التداخلات بين النباتات الغازية، والنباتات المحلية والملقحات المشتركة. وتشير الخطوط المتصلة للتداخلات السلبية والخطوط المتقطعة للتداخلات الإيجابية.

وأبحث هنا عن التعميمات التي يمكن أن تساعد في التنبؤ بمخرجات عملية التداخل بين النباتات الدخيلة والنحل الدخيل وتسليط الضوء على اتجاهات لمزيدٍ من البحث. وأبدأ مع دور الملقحات في تعزيز دخول النباتات الغازية، مع التركيز على البيانات والمعلومات التي نُشرت منذ أن تم استعراض ومراجعة هذا الموضوع لآخر مرة (Richardson et al., 2000). وساهمتُ أنا شخصياً في عرض مجموعة بيانات جديدة تتعلق بتكاثر مجموعة مختارة من النباتات الدخيلة في الولايات المتحدة أيضاً. وبعد ذلك أُناقش مسألة غزو النباتات من منظور الملقح. ويتجاوز هذا المنظور تحليل التداخلات

السابقة بين الملقحات والنباتات الغازية ليشمل الآثار المحتملة لغزو النباتات على عشائر ومجتمعات الملقح. وأدرس أخيراً الآثار غير المباشرة للنباتات الغازية على النباتات المحلية للمساعدة في توجيه مسؤولي الحفاظ على الأنواع، فضلاً عن توجيه البحوث المستقبلية المباشرة.

تلقيح النباتات الدخيلة أوالغازية بواسطة الملقحات

من المرجح أن تستفيد العديد من النباتات غير المحلية المحتملة من الملقحات لأن ما يُقدر بحوالي ٨٠-٩٠٪ من النباتات الزهرية تعتمد على الملقحات الحيوانية إجبارياً أو اختيارياً (Brown, 1990 and Daily et al., 1997). وإلى أي مدى يوثر التلقيح غير الكافي من قبل الملقحات المحلية المتوفرة في إعاقة غزو النباتات الدخيلة غير المحلية؟ وبعكس ذلك، ولكن إلى أي مدى تُسهل الملقحات المحلية غزو النباتات الدخيلة من خلال تشجيع عملية عقد البذور؟ وتعتمد الأجوبة على هذه الأسئلة على بيولوجيا التكاثر للنباتات الغازية أو النباتات الغازية المُحتملة، فضلاً عن دراسة توزيعها البيئي. وعند وجود علاقة تعتمد على كثافة المجتمعات ولا تعتمد فيها زيادة أعداد المجتمع على عقد البذور، فلن تؤثر زيادة إنتاج البذور في انتشار النبات الدخيل.

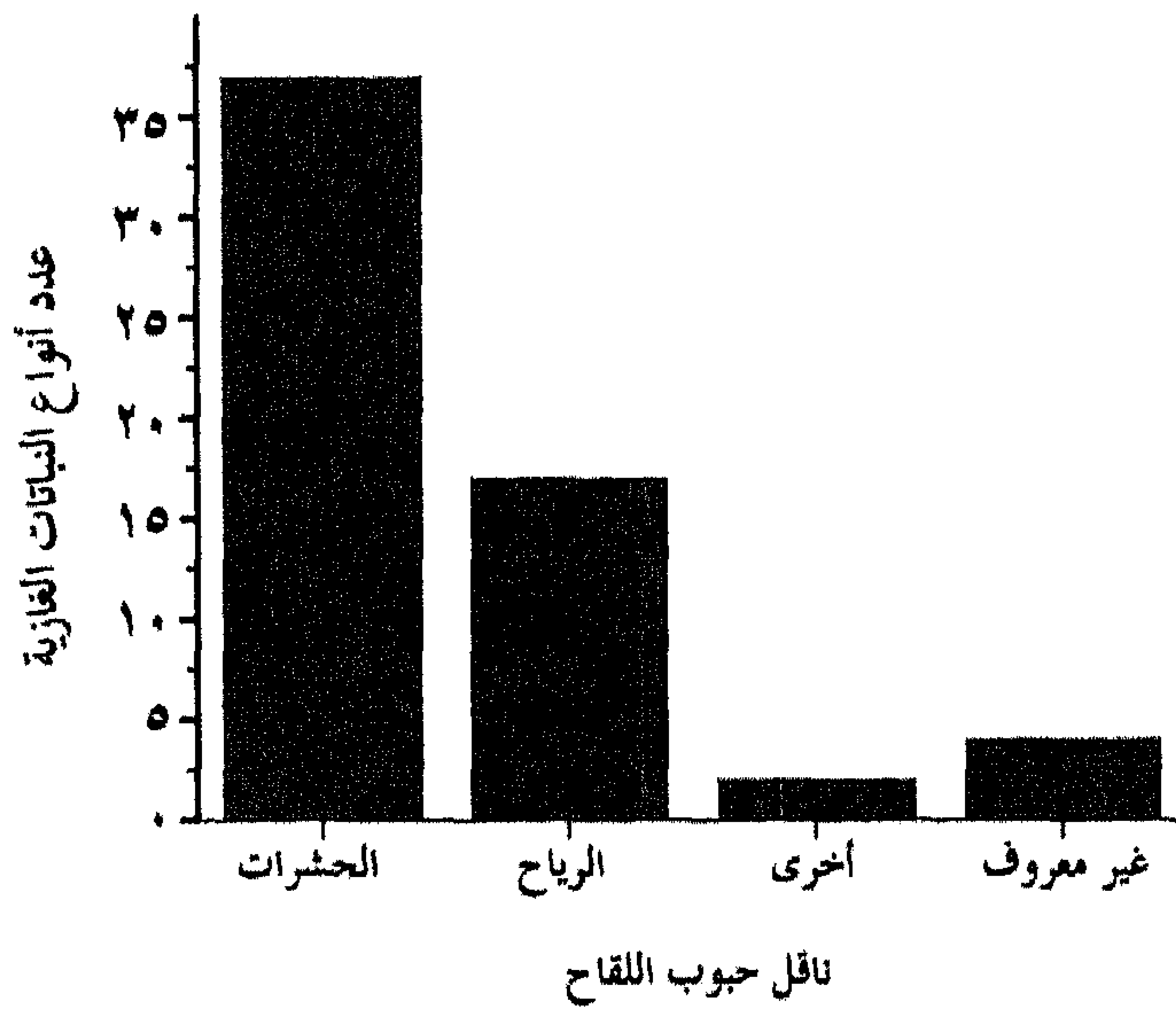
ويتنبأ قانون بيكر بأنه ينبغي على النباتات الناجحة في استيطانها أن تتكاثر خُضرياً أو بطريقة غير جنسية (إنتاج البذور بدون تلقيح وإخصاب) أو عن طريق التلقيح الذاتي، لاسيما إذا تحقق الإخصاب بدون مساعدة الملقحات الحيوية، لأن هذه الصفات توفر ضمان التكاثر والاستمرار للأفراد عند تأسيس المجتمعات الصغيرة (Baker, 1955 and 1965). وبالتالي فإن انتشار هذه الأنواع سيعتمد بشكلٍ قليل على الملقحات. وإذا تطلب عقد البذور التلقيح بوساطة الحيوانات بدلاً من تكاثر الأنواع خُضرياً، فقد تُسهل الملقحات انتشار النباتات لبقعٍ جديدة. ومن أجل ذلك الغرض، فإننا نتوقع أن نرى نسباً أعلى لهذه الصفات بين النباتات الغازية مقارنة مع النباتات

بأسرها. ويمكن للعديد من الأنواع الغازية أن تُنتج البذور بلا تزاوج أو بالإخصاب الذاتي (الإخصاب الذاتي داخل الزهرة) أو انتشاره خُضرياً (تكاثر لاجنسي)، ولكن البيانات الكمية التي تتعلق بحدوث طرق التكاثر المختلفة للنباتات الغازية نادرة، واختلف الباحثون فيما يتعلق بأهمية التلقيح بواسطة الحيوانات (Richardson, et al., 2000). علماً بأن إحدى خصائص نباتات الأعشاب الضارة في الولايات المتحدة اعتمادها الكبير على التكاثر الجنسي، مع عدم وجود فروق في وتيرة التكاثر الخضري بين الحشائش المحلية والدخيلة (Sutherland, 2004). وتُمثل النباتات الدخيلة التي تتطلب الملقحات لعقد البذور تمثيلاً ضئيلاً في مجموعات البيانات الكبيرة، الأمر الذي يوحي بأن هذه الصفة ليست إيجابية في عملية الغزو (Daehler, 1998).

وعثر الباحثان Rambuda و Johnson (2005) في اختبار صريح لقانون بيكر، على مستويات عالية للإخصاب الذاتي بين الحشائش الدخيلة في جنوب إفريقيا، مع بعض القدرة عل الأقل في جميع الأنواع على عقد البذور في غياب الملقحات. ولم تُظهر أيٌّ من الأنواع المدروسة عدم التوافق الذاتي. وتدعم نتائج Van Kleunen و Johnson (2007) قانون بيكر أيضاً ولكن يُعتقد بأن عدم وجود التوافق الجنسي بين النباتات المتلاقحة، بدلاً من الملقحات، يحُد من انتشار النباتات الغازية في الولايات المتحدة. وتحتل النباتات الغازية القادرة على التلقيح الذاتي (بدون ملقحات) مدىً جغرافياً أكبر من تلك التي تتطلب الملقحات، ولكن بين الأنواع التي تتطلب الملقحات لغاية التكاثر، فإن الأنواع التي لا تتوافق ذاتياً تنتشر بشكل أقل من الأنواع المتوافقة ذاتياً. وعلاوة على ذلك فإن الأنواع المتوافقة ذاتياً والقادرة على التلقيح الذاتي حققت مدىً مماثلاً لتلك النباتات التي لا تمتلك هذه السمة (التلقيح الذاتي) مما يوحي بوجود عملية تلقيح كافية. وتضمنت بيانات هذه النباتات أنواعاً غير محلية للولايات المتحدة الأمريكية "من أصل أوروبي فقط" وتم تقدير الانتشار بشكل غير دقيق من خلال وجود أو غياب النبات على مستوى الولاية فقط. ولن تعكس بالضرورة أنماط التوطن أو التدابير الأخرى لنجاح الغزو النباتي.

ولتحديد الأهمية المحتملة للملقحات في تشكيل مخرجات عملية غزو النباتات للمناطق الطبيعية في الولايات المتحدة، فقد جمعتُ البيانات عن طرق التكاثر ونظم التزاوج وتداخل الملقحات لمجموعة فرعية لأنواع الأعشاب الدخلية الحالية. وأخذتُ عينات عشوائياً من ٦٠ نوعاً من قائمة الأعشاب الدخيلة أو الغازية (١٠٣٧نوعاً) في المناطق الطبيعية والتي حُددَت من قبل دوائر خدمة المنتزهات القومية الأميركية (Swearington, 2006). ولكل من هذه الأنواع الستين، بحثت في الأبحاث والدراسات المنشورة باستخدام فهرس المراجع والاستشهادات العلمية (ISI) في الفترة بين (١٩٨٠-٢٠٠٧م)، بالإضافة لمحركي بحث على الشبكة العنكبوتية، www.scholar.google.com وwww.google.com، للحصول على معلومات حول التكاثر أو التلقيح لهذه الأنواع. وفي بعض الحالات، وأنا أستدل على التداخلات بين الملقحات من خلال الملاحظات الشخصية أو الأنواع ذات الصلة عن كثب. وجدت معلومات وبيانات منشورة، أو غير منشورة ولكن يمكن الاعتماد عليها، أو بيانات يمكن الاستدلال بها عن طريقة التلقيح لأكثر من ٩٣٪ من النباتات الستين. وكانت غالبية النباتات تُلقح بواسطة الحشرات والتلقيح عن طريق الرياح يحصل لأقل من نصف النباتات التي تلقح بواسطة الحشرات (وكانت ١٣,٣٪ من النباتات التي تلقح بواسطة الرياح من الأعشاب (الشكل ١٠,٢). وكانت المعلومات حول نظم التزاوج في مغطاة البذور الغازية أقل توفراً. وكانت المعلومات حول أنظمة التزاوج للأنواع التي تُلقح بواسطة الحشرات غير متوفرة لما يقرب من ٧٠٪ من النباتات. وكان عدم التوافق الذاتي بين الأعشاب الغازية أقل شيوعاً من التوافق الذاتي (الشكل ١٠,٣). وأظهر أحد الأنواع تزاوجاً ذاتياً (القدرة على الإخصاب الذاتي في غياب الملقحات)، ولكن المعلومات المُوثقة لم تتوفر عن عدد الأنواع التي تمت دراستها. وعدد الأنواع المتوافقة ذاتياً وتلك التي تتطلب ملقحات حيوانية لعقد البذور أيضا غير معروفة. ولم أجد أية معلومات عن التكاثر بدون تلقيح في ٣٧ نوعاً نباتياً من الأنواع التي تُلقح بواسطة الحشرات.

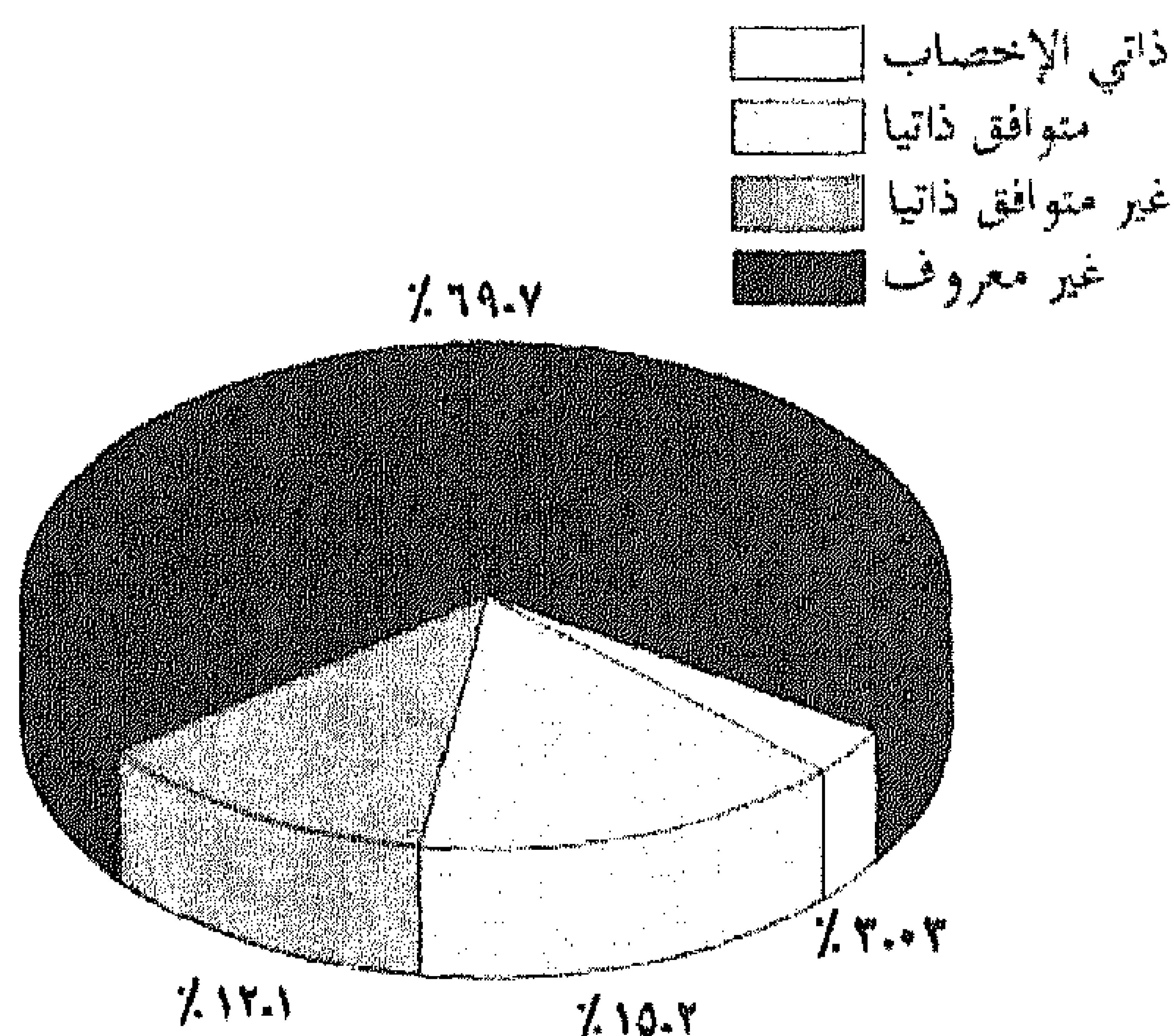
وإن كانت النباتات التي تمت دراستها تُمثل في الواقع مجموعة من النباتات الغازية غير المحلية، يبدو أن الغالبية العظمى لهذه الأنواع غير المحلية في المناطق الطبيعية للولايات المتحدة تستمد بعض منافعها في التكاثر من تفاعلاتها مع الملقحات. ويعتبر النحل من أكثر أنواع الملقحات التي تم الاستشهاد بها والتي تزور الأزهار؛ وقد ذكر بأن ٩٦٪ من أنواع النباتات التي يتم تلقيها بواسطة الحشرات تُعتبر جاذبة للنحل.



الشكل (١٠,٢). عدد أنواع النباتات الغازية التي تُلقح بواسطة ملقحات مختلفة. وتتضمن الفئة "الأخرى" الطيور والمياه. والبيانات عبارة عن عينة عشوائية (عدد =٦٠) مأخوذة من أعشاب الولايات المتحدة، وهي قاعدة بيانات لحشائش المناطق الطبيعية في الولايات المتحدة. انظر إلى النص للأساليب المُستخدمة لتوليد هذه البيانات.

وتُعد زيارة الملقحات ذات أهمية خاصة في النباتات التي لا يمكن أن تعقد فيها البذور بدون الملقحات. وما يقرب من نصف أنواع النباتات التي يتم تلقيها بواسطة

الحشرات، والتي وجدت لها بيانات خلال البحث المرجعي، تُظهر عدم التوافق الذاتي، ولذلك فمن المرجح أن تتطلب الملقحات من أجل عقد البذور. وعلاوة على ذلك، فإن ٣٪ فقط من الأنواع المتوافقة ذاتياً تمتلك القدرة على عقد البذور بدون مساعدة الملقحات، مما يوحي بأن أنواع الحشائش العديدة المتوافقة ذاتيًا تستفيد من زيارة الملقحات. وقد يتطلب قياس الدور الذي تلعبه الملقحات في تكاثر النباتات الغازية في الولايات المتحدة معرفة أجزاء التكاثر لأكثر النباتات الغازية. ويوفر فهم بيولوجية التكاثر الأساسية للنباتات الغازية المفتاح الثاقب للسيطرة على هذه النباتات أيضاً (وعلى سبيل المثال Elam et al.,). وينبغي أن يشكل جمع البيانات حول نظم التكاثر والتزاوج رأس الأولويات بين علماء البيئة النباتية.



الشكل (١٠,٣). النسبة المئوية للنباتات الغازية والتي تلقح بواسطة الحشرات (عدد=٣٧؛ انظر إلى الشكل ١٠,٢) الذي يعرض ثلاث إستراتيجيات مختلفة للتزاوج. وتكون النباتات إما ذاتية التزاوج أو ذاتية الإخصاب أو متوافقة ذاتياً أو غير متوافقة ذاتياً. انظر إلى النص لشرح قاعدة البيانات.

التكيف المسبق للنباتات الدخيلة مع الملقحات المحلية

يجب أن يتم تلقيح النباتات الدخيلة إجبارية التلقيح الخلطي من قبل أنواع الملقحات المقيمة في المنطقة الجديدة حتى تنجح في الاستيطان. ويمكن أن تُلقح معظم النباتات على نحو فعّال من قبل مجموعة متنوعة من الملقحات (Waser et al. 1996). وتُزار تلك النباتات الدخيلة والتي تتطلب التلقيح بواسطة الملقحات غير المتخصصة الموجودة في تلك المنطقة (Richardson et al., 2000; Memmott and Waser, 2002; Olesen et al., 2002; Goulson, 2003; Goulson and Hanley, 2004 and Morales and Aizen, 2006). وأمثلة النباتات الدخيلة التي تتطلب ملقحات متخصصة محددة للغاية بل نادرة (ولكن انظر إلى الباحث Nadel et al., 2000 and Richardson et al., 2000 والمراجع فيها).

ومع ذلك، يظهر في بعض الأحيان أن وجود أنواع من الملقحات غير المحلية مُهم لنجاح النباتات الدخيلة. وقد قام نحل العسل، *Apis mellifera*، في المساعدة بنجاح أنواع النبات غير المحلية في المناطق التي يعتبر فيها نحل العسل دخيلاً أيضاً. وفرة نحل العسل بتركيزات عالية بالإضافة إلى المدى الواسع من العوائل النباتية جنباً إلى جنب مع التوزيع الجغرافي الواسع النطاق خارج نطاقه الأصلي، أسهمت في تكرارية تداخل نحل العسل مع أنواع النباتات الدخيلة. وعلى سبيل المثال، يعتمد نبات أُم كلثوم (*Lantana camara*) الأسترالي الدخيل على نحل العسل للتلقيح؛ لأن أنبوبها التويجي طويل جداً بالنسبة لأنواع النحل المحلية قصيرة اللسان (Goulson and Derwent, 2004). وتشير العلاقات والتداخلات الإيجابية الموثقة فيما يتعلق بوفرة نحل العسل وعقد الثمار إلى أن نحل العسل قد يُسهل تطور مجتمعات الأنواع الدخيلة (Goulson and Derwent, 2004). وافترض الباحث Barthell وزملاؤه (2001) أن نحل العسل قد سهل غزو عشبة المُرار غير المحلية، *Centaurea solstitialis*، في ولاية كاليفورنيا. ولم يقتصر الأمر على كون نحل العسل أكثر الملقحات زيارةً للنبات ولكن أدى عزل النباتات عن نحل العسل إلى انخفاض إنتاج

البذور بشكل كبيرٍ أيضاً. وفيما إذا كان نحل العسل مسؤولاً عن غزو ودخول نبات المرار (نبات شوك النجمة الصفراء). وكون نحل العسل المسؤول عن غزو هذا النبات يعتمد على توفير الملقحات المحلية للتلقيح على نحو كافٍ في المناطق التي لا يكون فيها نحل العسل سائداً من حيث الوفرة العددية. ومن المثير للاهتمام، لا يبدو أن نوع النحل قاطع الأوراق غير المحلي، *Megacile apicalis*، والمتخصص في تلقيح نبات المرار (شوك النجمة الصفراء) يسهم إسهاماً كبيراً في عقد بذور عوائلها على الرغم من وجودها في بعض مواقع الدراسة (Barthel et al., 2001). لأن معظم النباتات الغازية تحصل على خدمات التلقيح من أنواع متعددة من الملقحات، وبالتالي فإن تفاعلها واعتمادها على أي نوع من أنواع النحل بمفرده قد تكون ضعيفة (Traveset and Richardson, 2006). ولذلك من غير المرجح، بأن النحل غير المحلي يعزز وجود النباتات الدخيلة عموماً.

قد يكون هناك استثناء واحد مهم في الحالات التي قام فيها الإنسانُ بإدخال ملقحاتٍ غير محلية إلى منطقة فقيرة بالملقحات. وفي هذه الحالات، قد تمثل الملقحات المدخلة مجموعة وظيفية جديدة تمهد الطريق للنباتات الدخيلة، والتي سيتعثر دخولها واستيطانها بسبب عدم توفر الملقحات. وتلقيح نباتات أم كلثوم (*Lantana sp.*) بواسطة نحل العسل الدخيل في أستراليا، تمت مناقشة ذلك في وقت سابق، هو أحد الأمثلة. وثمة مثال آخر هو إدخال النحل الطنّان (*Bombus teresstris*) في أستراليا، نيوزيلندا، تسمانيا والمناطق التي لديها أنواع قليلة جدا من النحل المحلي طويل اللسان (Hanley and Goulson, 2003). وفي هذه المناطق، يبدو بأن النحل الطنّان يعزز غزو أنواع الحشائش من أوروبا وأمريكا الشمالية التي تتطلب ملقحات طويلة اللسان. وفي تسمانيا، حيث أصبح النحل الطنّان مستوطناً، ارتبط إنتاج البذور في نباتات الترمس الأصفر (*Lupinus arboreus*) في مرحلة الغزو الأولية ارتباطاً إيجابياً مع معدلات زيارة النحل الطنّان للأزهار (Stout et al., 2002). وفي نيوزيلندا، أينما انتشر النحل الطنّان (*B. terrestris*) غير المحلي على نطاق واسع، شكل نبات الترمس الأصفر الدخيل (*L. arboreus*) مشكلةً (Stout et

al., 2002). ويتطلب نبات الرتم الشائع (*Cytisus scoparius*) وموطنه أوروبا، ملقحاتٍ قوية بما يكفي لزيارة أزهاره، وتُلقح نباتات هذا النوع أساساً بواسطة النحل الطنّان في مدى تواجدها الطبيعي (Simpson et al., 2005). ولأن نبات الرتم هذا لا ينتشر إلا عن طريق البذور، فيمكن لزيادة كثافة النحل الطنّان غير المحلي أن يعزز من نجاح عملية تكاثر وانتشار هذا النبات في أستراليا، حيث تم إدخاله إليها. ويمكن لتلقيح النحل الطنّان أن يعزز انتشار نبات الرتم الشائع (*C. scoparius*) بصورة خاصة في المناطق الأكثر برودةً حيث افترض الباحثون بأن فتح الزهرة يتطلب جهداً كبيراً مما يحد من فعالية نحل العسل كملقحات (*Parker and Haupensak, 2002*). ومن المثير بأن جميع هذه الأمثلة من النباتات الغازية هي من فصيلة البقوليات: تحت الفصيلة الفراشية. ويوفر النمط المُلاحظ من التآزر ما بين النحل الطنّان، الملقح الدخيل، والبقوليات من تحت الفصيلة الفراشية في أستراليا ونيوزيلندا، القدرة على التنبؤ والتي يمكن أن تُستخدم لتطوير سياسة الإدخال لأنواع جديدة واستراتيجيات الإدارة. وعلى سبيل المثال، إدخال النحل الطنّان أو نحل العسل يمكن أن يعزز من انتشار نبات الجولق الأوروبي الدخيل "السام للماشية" (*Ulex europeasus*)، في مناطق مثل جزر القنال في نيوزيلندا، حيث نحل العسل والنحل الطنّان لم تستوطن بعد (Macfarlane et al., 1992).

محددات حبوب اللقاح في الأنواع الدخيلة أو الغازية

هل تُحدد زيارة النحل عقد البذور في الأنواع النباتية الغازية؟ لقد قيّدت حبوب اللقاح من عقد البذور في النباتات الدخيلة في أمريكا الشمالية، كنبات الرتم الشائع (*Cytisus scoparius*) ونبات *Genista monspessulana* (Parker, 1997 and Parker and Haubensak, 2002). ويختلف تقيّد حبوب اللقاح لعقد البذور في نبات الرتم الشائع (*Cytisus scoparius*) مع عوامل أخرى مثل الموارد الزهرية واستنزافها أيضاً (Parker and Haubensak, 2002). وأظهرت نباتات عنب الكودزو (*Puraria montana*) الغازية، تبايناً

بين مجتمعات النبات المختلفة فيما يتعلق بتقّيد حبوب اللقاح لعقد البذور (Forseth and Innis, 2004). ويعاني الياسمين العراقي (*Lonicera japonica*)، وهونباتٌ دخيل في أمريكا الشمالية يتكيف مع التلقيح بواسطة العثث الصقرية كالطائر الطنّان، من تقييد حبوب اللقاح لعقد البذور بشدة (Larson et al., 2002). وأسهم عدد الزيارات المنخفضة من قبل عثة الصقور الليلية وأنواع النحل النهارية في الياسمين العراقي، فضلاً عن عدم كفاءتها، في عقد بذور منخفض (Larson et al., 2002). وفي المقابل، لم يجد الباحثان Rambuda وJohnson (2004) أي دليل على تقّيد حبوب اللقاح لعقد البذور في ١٧ نباتاً من الأعشاب الدخيلة الضارة في جنوب أفريقيا، ولكن معظمهم كانوا قادرين على التلقيح والإخصاب الذاتي، وكلها كانت متوافقة ذاتيا، وبالتالي، ليس من المرجح أن يتقيّد عقد البذور بحبوب اللقاح حتى عندما تكون زيارة الملقحات قليلة ونادرة.

ويمكن لتقيّد حبوب اللقاح على إنتاج البذور أن يحد من انتشار النباتات الغازية فقط إذا ارتبط إنتاج البذور مع نجاح تكاثر النباتات وخصوبتها وزيادة أعدادها إحصائيا. ونعرف المدى التي تحد فيه حبوب اللقاح من عقد البذور لبعض النباتات الدخيلة. فقد وجد الباحث Parker (1997) أن نمو مجتمعات نبات الرتم الشائع *C. scoparius* لم يتم التنبؤ به من خلال خصوبة هذه النباتات. ونظراً إلى وجود عدد من العوامل يمكن أن تفصل بين عقد البذور مع زيادة أعداد المجتمع، يبدو من المرجح أن إجراء مزيد من البحوث سوف يُظهر التباين في أهمية عقد البذور لزيادة أعداد المجتمعات بين المواقع المختلفة. وأشار Parker و Haubensak (2002)، مع ذلك إلى أن انتشار النباتات الغازية غير النسليّة (نباتات خلطية الإخصاب) سوف يكون دائما من خلال البذور مع محدودية الانتشار في المناطق الهامشية وعند غزو المناطق الجديدة، وبالتالي، عدم وجود الملقحات يسيطر على العديد من جوانب عمليات غزو النباتات.

ويمكن لعقد البذور الضعيف الناتج عن تقيّد حبوب اللقاح أن يكون لديه الأثر الأكبر على نمو مجتمعات التأسيس الصغيرة (Tylor and Hastings, 2005) التي لا يمكنها

جذب الملقحات الكافية. ولم تفحص الدراسات هذه المشكلة مع عملية الغزو الأولية الناشئة ولكن بدلاً من ذلك ركزت على الأمثلة الناجحة لعمليات غزو النبات بمجتمعات كبيرة نسبياً. وفهمُنا للدور الذي تقوم به الملقحات في الحد من الغزوات، بعد ذلك، سيستفيد من المعرفة عن أنظمة التزاوج وعلاقات الملقحات مع جميع الأنواع المدخلة، بما فيها تلك التي تُصبح ناجحة، أو تلك التي تفشل في الاستيطان. وفشل عمليات الإدخال للأنواع الغريبة هو الأكثر شيوعاً، وقد تصل تقريباً إلى ٩٠٪ (Wiliamson and fitter, 1996). ومع ذلك فإن المعلومات عن معدلات الإدخالات الفاشلة للنباتات نادرةٌ، وليس لدينا تقريباً أية معلومات عن الآليات وراء ذلك الفشل. ومع غياب هذه المعلومات فإن إسهام الملقحات للنباتات غير المحلية الغازية يمكن أن يُقارن مع تلك النباتات غير المحلية، غير الغازية. علاوة على ذلك، سوف تُساعد الدراسات التجريبية لعملية الاستيطان من قبل النباتات غير المحلية، والتي تقيس دور تقيّد حبوب اللقاح لعقد البذور في معدلات نمو مجتمعات النبات، في تقييم مساهمة النحل في عملية الغزو في وقت مبكر.

تأثيرات النباتات الغازية على النحل

ويُعد إسهام الملقحات ذات المنفعة المتبادلة، وبشكلٍ متزايد، عنصراً مهماً في عملية الغزو لبعض النباتات غير المحلية، إلا أن الآثار المباشرة للنباتات الغازية على مجتمعات الملقحات المحلية لا تزال إلى حدٍ كبير غير مدروسة (الشكل١٠,١). ومن منظور الملقحات يمكن للنباتات الغازية العديدة أن تزيد من القدرة على العناية بالملقحات وتزويدها بمصدر غذائي لم يسبق له مثيل. وأشار مسحٌ قمتُ به لقاعدة بيانات الولايات المتحدة للأعشاب (انظر المناقشة السابقة) إلى أن ٩٦٪ من أنواع النباتات الغازية حشرية التلقيح و١٢٪ من الأنواع الأخرى، التي تُلقح بطريقة الرياح، توفر رحيقاً أو حبوب لقاح أو كليهما للنحل. وبسبب الارتباط الوثيق المتوقع بين كثافة

النحل ومدى توافر الموارد الزهرية، يمكن للنباتات الغازية غير المحلية (وعلى سبيل المثال، Pottes et al, 2003)، أن تُغير من كثافة وتكوين الملقحات.

وعلى سبيل المثال، أفاد تقرير Shurkens وChittka (2001) أن الزهور الوفيرة لنبات (*Bunia orientalis*) قد تكون مهمة في دعم مجتمعات الملقحات، على الرغم من ضآلة الرحيق في كل زهرة. الأزهار الغنية بالرحيق، من ناحية أخرى، توضح لماذا يجذب نبات البلسم غير المحلي وبإغراء النحل والملقحات بعيداً عن الزهور المحلية؛ وذلك لأن أزهار نبات البلسم غير المحلي تفرز معدلات أعلى من الرحيق من أي نبات محلي على الإطلاق في المنطقة التي تم غزوها أو الدخول إليها (Chittka and Shurkens, 2001). ويبذل كل من هذين النوعين من النباتات الغازية تأثيراً كبيراً على مجتمعات الملقحات عن طريق زيادة الموارد، ولكن دون أن نعرف كيف تغيرت وفرة الموارد الزهرية وتوزيعها في أعقاب الغزو، فمن الصعب التنبؤ بكيفية استجابة مجتمعات الملقحات.

وقد لا تختلف كمية الرحيق وغبار الطلع بعد الغزو فقط، ولكن قد تختلف النوعية أيضا (وعلى سبيل المثال، تركيز سكر الرحيق أو محتويات حبوب اللقاح من البروتين)، وعلاوةً على ذلك، فإن أنماط الإزهار المختلفة وشكل الزهرة للنبات الغازي مقارنةً بالنباتات المحلية سوف يؤثر على توفر الموارد الزهرية للملقحات (الشكل ١٠,١). وتحدث التحولات في توافر الموارد وعناصرها أو مكوناتها نتيجةً لوجود أنواع نباتية جديدة وغياب أنواع محلية تم إحلالها بواسطة النباتات الدخيلة. وهذه التغيرات في نوعية ومدى توافر الموارد الزهرية بعد عملية الغزو قد تُسبب تغيرات في تكوين مجتمع الملقحات. ومثال على النبات الذي أثر في تغير كلٍ من وفرة وأماكن وتوزيع الموارد الزهرية، الريحان الأرجواني (*Lythrum salicaria*) الذي غزا أمريكا الشمالية، ودخل إلى المستنقعات الجيرية في ولاية نيوجيرسي. ويزهر بغزارة في تموز "يوليو" وآب "أغسطس"، ويعطي موارد زهرية أكثر من مجتمعات المستنقعات التي لم يتم غزوها. وذلك لأن نبات الريحان الأرجواني (*Lythrum salicaria*) الدخيل حل مكان النباتات المحلية التي تُزهر في

فصل الربيع (Goodell ، لم تُنشر البيانات). وكشفت عينات النحل التي جُمعت في أوائل فصل الربيع بصورة غير مخطط لها بأن لدى المواقع التي تم غزوها وفرة نحلية قابلة للمقارنة مع المواقع التي لم يتم غزوها ولا يتم فيها الإحلال ولكن التنوع وغِنى الملقحات كان أقل بنسبة ٥٠٪ من المواقع التي لم تُغز. (Goodell, 2003). ولم تختلف كثافات الملقحات على الزهور بين المواقع التي تم غزوها وتلك التي لم يتم غزوها خلال فترة إزهار الريحان الأرجواني (*L. salicaria*)، ولكن تركيبة الملقحات اختلفت. وكان النحل الأكبر حجماً (نحل العسل والنحل الطنّان) أكثر وفرةً في المواقع التي تم غزوها، بينما النحل المحلي صغير الحجم (أكثر من٥٠ نوعاً مختلفاً) أكثر وفرةً في المواقع التي لم تُغز (Goodell, 2003). وأدى التغير في مجتمعات الموارد الزهرية في هذا النظام إلى تأثير أكبر على تركيبة مجتمعات الملقحات منها على وفرة الملقحات في هذا النظام.

وتم الافتراض بأن النباتات غير المحلية تعزز وجود وغزو الملقحات غير المحلية. وتتنبأ فرضية "كارثة الغزو" بأن التفاعلات الإيجابية بين أنواع غازية (اثنين أو أكثر) مثل النباتات والملقحات قد تُسَرع عملية إحلال الأنواع المحلية مع الأنواع الدخيلة (Simberloff and VonHolle, 1999). ويتساءل العديد من الباحثين حول الارتباط الإيجابي بين كثافة النباتات غير المحلية وكثافة النحل غير المحلي، لكن البيانات المتوفرة شحيحة جداً لتعميمها على احتمالية "انهيار" مجتمعات النحل "المحلية" بسبب العلاقة بين الملقحات والنباتات الدخيلة. ويبدو أن العلاقات الإيجابية بين وفرة المحاصيل الدخيلة، مثل نبات البرسيم القرمزي (*Trifolium pratense*) ونبات اللوتس القرني (*Lotus corniculatus*) وهو نبات رعوي، ونوعين من النحل الطنّان الدخيلة والتي أعلن عنها في نيوزيلندا، تدعم فكرة أن النباتات الدخيلة قد تعزز مجتمعات النحل الدخيلة (Hanley and Goulson, 2003). ومن ناحية أخرى، لم يجد الباحثان Morales و Aizen (2002) علاقة متناسقة بين وفرة نحل العسل والنحل الطنّان غير المحليّين وبين كثافة أزهار النباتات غير المحلية في غابات أمريكا الجنوبية الجافة المعتدلة. وتقتصر هذه الدراسات على إثبات فرضية انهيارات الغزو الناتجة عن

العلاقة بين نبات وملقح دخيلين. ولا نزال نحتاج إلى الدراسات التي توضح وتثبت بأن التفاعلات الإيجابية بين النباتات غير المحلية والنحل غير المحلي تؤثر تأثيراً سلبياً على ديناميكيات مجتمعات الأنواع المحلية (Simberloff, 2006).

وقد يعطي البحث في انتشار أنواع الملقحات المتخصصة مع عوائلها النباتية الدخيلة صورة أوضح عن كيفية التفاعل الإيجابي فيما بين الملقحات غير المحلية والنباتات الدخيلة أو الغازية والتي تؤثر على توزيعات النحل الدخيل. وعلى سبيل المثال، الدبابير الغريبة المتخصصة في تلقيح ثمار التين (*Ficus* spp.) قد استوطنت وانتشرت في أجزاء من الولايات المتحدة في أعقاب توطين عوائلها النباتية (نبات التين). وتوثق هذه العلاقة ردود فعل إيجابية بين العوائل النباتية الدخيلة وملقحاتها المتخصصة (Nadel et al., 1991 and Corlett, 2006). وكذلك انتشار نحل القرع من جنس (*Peponapis*) وجنس (*Xenoglossa*) في الأمريكتين بعدما قامت الحضارة الإنسانية بتوسيع زراعة عائلهما (القرع)، هي مثال آخر على هذه العلاقة (Hurd et al., 1974). وقد عزز غزو نبات (المرار) شوك النجمة الصفراء في غرب الولايات المتحدة انتشار وازدهار النحل المُلقح (*Megachile apicalis*) وهو على ما يبدو متخصص في تلقيح جنس هذه النباتات(Bartherl et al., 2003 and Stephen, 2003). وبالإضافة إلى ذلك، قدم الباحث Cane (2003) قائمة لأنواع النحل الدخيلة في أمريكا الشمالية، وتضم هذه القائمة ما لا يقل عن عشرة أنواع تُظهر مستوىً من التخصص أو التفضيل لعوائل نباتية غير محلية. وقد تكون هذه الأنواع نقطة منطقية للانطلاق والتحقيق بآثار انتشار العوائل النباتية غير المحلية على وفرة النحل غير المحلي وانتشاره.

والتغييرات في غزارة الموارد الزهرية ووفرتها، ليست الآليات الوحيدة للتأثير على أنواع النحل غير المحلية. ويمكن للغزو النباتي أن يُغّير من وفرة أماكن التعشيش أيضاً. ووفرة وتوزيع الأراضي الجرداء، والغطاء النباتي المتوفر، وكذلك جذوع الأشجار والشجيرات الجوفاء، والجذوع الميتة قد تتغير بالكامل نتيجة للتغير في الغطاء

النباتي المرتبط بغزو الأنواع النباتية غير المحلية. وتُمثل مواقع التعشيش أهميةً خاصةً في حالة النحل لأن النحل ملقحات تَخرج من مكان مركزي وهو العش وتحتاج إلى الغذاء والعش في منطقة السروح لإنجاز عملية التلقيح. وأخيراً، يمكن للنحل الملقح أن يتأثر بالتغيرات الفيزيائية أو الهيكلية في المكان، مثل تلك التي تؤثر على توفر الضوء أو ظروف درجة الحرارة، والتي بدورها يمكن أن تؤثر على طيران النحل والبحث عن الطعام (Herrera, 1995, 1997; Hansen and Totland 2006).

وبالمحصلة، فإن الفرضية بأن النباتات الدخيلة أو الغازية تعزز أو تُحد أو تغير من تركيبة مجتمعات الملقحات ذات أدلة محدودة ويتم تناولها بشكلٍ غير كافٍ في البحوث. ونظراً لقيمة النحل والملقحات الأخرى في الحفاظ على النباتات المحلية، فإن تأثير غزو النبات على مجتمعات النحل يستحق مزيداً من البحث والتحري. ويُنظر في آثار النباتات الغازية على النحل بصورة خاصة ضمن مسألة وقضية أكثر عمومية: وهي آثار تغيير المجتمعات النباتية على النحل. ويمكن أن تؤثر تعديلات البشر الأخرى للمجتمعات النباتية وموارد الأزهار على مجتمعات النحل، كالتحضر مثلاً (Goulson et al., 2002 and Cane et al., 2006) أو النشاط الزراعي (Kremen et al., 2002 and Westphal et al., 2003) والحرائق (Potts et al., 2003). ما هي عواقب هذه التغيرات في مجتمعات النحل؟ نحن نعلم أن الاختلافات المكانية والزمنية في تركيبة الأزهار والملقحات تزخر في المجتمعات الطبيعية للنباتات (وعلى سبيل المثال، Herrera, 1998 and Moeller, 2005). والسؤال المهم، هل تُعد آثار النباتات الغازية على مجتمعات الملقحات مهمة لتكاثر النباتات المحلية بالرغم من كل التنوع الكامن في خدمات الملقحات المتوقعة.

تأثيرات النباتات الغازية "المُعَزِزة من خلال الملقحات" على تكاثر النباتات المحلية

الآثار السلبية للنباتات الغازية على النباتات المحلية من خلال التنافس على الموارد مثل المياه أو النيتروجين تؤثر على نمو النباتات المحلية في المنطقة الموجودة حول الغزو. أما

عندما يكون المورد المطلوب هو خدمة الملقحات المشتركة، فإن مجال تأثير النبات الغازي قد يمتد إلى نباتات أبعد بل وحتى إلى نباتات في أماكن طبيعية أخرى. ومن الناحية النظرية، قد تُعطل علاقة الملقحات الوسيطة مع النباتات الغازية غير المحلية أو تعزز تلقيح الأنواع النباتية المحلية (Traveset and Richardson, 2006). ولأن معظم النباتات ومعظم الملقحات، بما في ذلك معظم أنواع النحل غير متخصصة (Wasser et al., 1996)، فإن معظم النباتات الغازية ستتفاعل مع أنواع الملقحات المحلية العديدة. وبالتالي، ينبغي على النباتات المحلية أن تُشارك الملقحات مع النباتات الغازية في كثير من الأحيان، وخلق تفاعلات غير مباشرة جديدة بين النباتات الغازية والمحلية. وفي الواقع، فقد لوحظ هذا النمط في الطبيعة (Memmott and Waser, 2002 and Olesen et al., 2002 and Morales and Aizen, 2006). وقد تُقلل هذه التفاعلات غير المباشرة بين النباتات الغازية والمحلية، الناتجة عن الملقحات، من خدمة الملقحات للنباتات المحلية تحت بعض الظروف، ولكن العكس ممكن أيضاً (Ashman et al., 2004 and Knight et al., 2005).

ويمكن أن تحدث المنافسة على الملقحات بين النباتات الدخيلة الغازية والأنواع النباتية المحلية عندما يُنتج النبات الدخيل مكافئات زهرية (رحيق وحبوب لقاح) تعادل واحداً أو أكثر من النباتات المحلية وتعكس على الأرجح تغييراً في سلوك الملقحات. ويتوقع أن تقوم النباتات الغازية بتيسير عملية التلقيح عندما تعطي مكافآت زهرية مكملة لتلك الأنواع المحلية والتي تساعد على الحفاظ على الملقحات من خلال فترات ندرة الموارد. وينبغي أن تزداد آثار النباتات الغازية الناتجة عن الملقحات قوةً مع التداخل في أنواع الملقحات بين النباتات المحلية والغازية. وأُنجزت معظم الدراسات التي بحثت في التفاعلات بين النباتات الغازية والمحلية الناتجة عن الملقحات ذلك لأحد أو لعددٍ قليلٍ من الأنواع النباتية المحلية. وستساعد التعميمات حول عدد الحالات التي تظهر فيها آثار النباتات الغازية المتعلقة بالملقحات على النباتات المحلية، وما هي الأنواع النباتية الأكثر تأثراً، في تقيّم حجم المشكلة بالنسبة لتأثيرات النباتات الغازية الأخرى.

وتُقيّم تسعُ دراساتٍ (واحدة غيرُ منشورة) الآثارَ الناتجة عن الملقحات لثمانية أنواع من النباتات الغازية أو الدخيلة على تكاثر ١٩ نوعاً من النباتات المحلية. حيث اختلفت معدلات الزيارة للنباتات المحلية من قبل النحل بشكلٍ معنوي عند وجود أو غياب النباتات الغازية في ٩ حالات من بين ١٤ حالة. حيث تلقت سبعةُ نباتاتٍ محلية زيارات نحل أقل مع وجود النباتات الغازية مما كان عليها في غيابها، مما تشير إلى تنافس النباتات على الملقحات (Competition) (Chittka and Schurkens, 2001; Aigner, 2004; Ghazoul, 2004; Morganz and Traveset, 2005 and Larson et al., 2006). وتلقى نوعان من النباتات المحلية زيارات أكثر مع وجود النبات الغازي فقط، مما يدل على ظاهرة التيسير (Facilitation)، وفي كلتا الحالتين لم يكن هذا الأثر ثابتا خلال سنوات (Moragues and Traveset, 2005). ولا يملك وجود النباتات الغازية أي تأثير على معدلات الزيارة في النباتات المحلية لخمسة أنواع من الأنواع التي تمت دراستها (Grabas and Laverty, 1999; Brown et al., 2002 Moragues and Traveset, 2005 and Goodell، قاعدة بيانات غير منشورة).

وعلى الرغم من أن المنافسة على زيارة النحل أكثر العلاقات شيوعاً، إلا أن ذلك لم يُقلل دائماً من تكاثر النبات (Ghazoul, 2002, 2004). وتُشكل نوعية حبوب اللقاح المودَعة من قبل الملقح، مُقاسةً بعدد حبوب اللقاح الملائمة (المتوافقة مع النبات) والتي تُنقل إلى الميسم، الارتباط الوظيفي بين معدل الزيارات وعقد البذور. إذا حصلت النباتات المحلية على حبوب لقاح كافية فسيتم تخصيب البويضات مع وجود النباتات الغازية، فلن يتأثر التكاثر، حتى لو نُقلت حبوب لقاح النبات الغازي أيضاً (Brown et al., 2002; Ghazoul, 2004; Moragues and Traveset, 2005؛ أيضاً انظر الفصل ١١، وهذا الكتاب). وقد أُفيد عن نوعين محليين فقط من أصل ١١ نوعاً تم اختبارها، انخفاض نوعية حبوب اللقاح (نسبة حبوب اللقاح المتوافقة) مع النبات في وجود النبات الدخيل أو الغازي. وأظهرت دراسة واحدة آثاراً سلبيةً لحبوب لقاح

النبات الدخيل أو الغازي على تكاثر النبات المحلي (Brown and mitchell, 2001)، وفي دراسة أخرى لم يَظهر ذلك (Moragues and Traveset, 2005).

وعلى الرغم من وتيرة التنافس على الملقحات مع النباتات الغازية الغنية بحبوب اللقاح والرحيق، إلا أن القليل من البيانات تشير إلى أن المنافسة للزوار تُقلل من عقد البذور في النباتات المحلية. وبالإضافة إلى ذلك، لم يُعثر على آثار المنافسة باستمرار وبثبات عبر السنوات (Moragues and Traveset, 2005 and Larson et al., 2006). ولكن من السابق لأوانه الاستنتاج بأن الآثار الناتجة عن الملقحات على النباتات المحلية لا تُشكل جانباً مهماً لغزوات النبات. وقد تمت دراسة عدد قليل من أزواج النباتات الغازية والمحلية، وبعض هذه الدراسات لم تأخذ بعين الاعتبار عقد البذور. ولوكانت المنافسة حتى أمراً نادر الحدوث فإن الحفاظ على الأنواع المحلية يُبرر هذا الاهتمام الدقيق بالآثار السلبية المحتملة على النباتات المحلية. وتحقيقاً لهذه الغاية، وَضْعُ بعضِ القواعد العامة التي تُحدد تلك النباتات المحلية والتي يُحتمل أن تعاني على الأرجح من الآثار السلبية، ستكون مفيدة لمديري حفظ النباتات المحلية والباحثين المستقبليين. وأنا هنا أفحص الأدلة لصحة التوقعات بأنه: (١) احتمالية التداخل والتفاعل القوي الناتجة عن الملقحات تزداد مع زيادة التداخل والتشابه بين عوائل الملقحات المختلفة، (٢) الأنواع النباتية الغازية والأنواع المحلية التي تتشابه أزهارها من حيث الشكل والتركيب، تتنافس بقوة أكبر من الأزواج التي تمتلك صفات شكلية وتركيبية متباينة ومختلفة، لأنها توفر بيئة متشابهة للملقحات.

وعند استخدام الدراسات السابقة كأمثلة، فإن معدل التداخل في الملقحات بين النباتات المحلية والدخيلة أو الغازية في الحالات ذات التأثير المعنوي كانت ٦٩,٧٪ (الانحراف المعياري =٢٣,٧٪، العدد =٤)، أكبر بكثير وبشكل معنوي من ٣٥,١٪ (الانحراف المعياري = ٢٣,٦٪ والعدد =٥) لتلك التفاعلات غير المعنوية (اختبار t لمجموعتين مع تعديل البيانات باستخدام جيب الزاوية مربع الجذر، t=٢,٠٣، نسبة

الخطأ من اتجاه واحد =٠,٠٤). وكانت القيود على هذه البيانات، بأن هذه الدراسات لم تُقيّم جميع التداخلات على نفس المستوى التصنيفي، مع بعض الدراسات التي تصنف الملقح نوعياً وبعضها تجمع الأنواع المختلفة في جنسٍ واحد، مستوى تصنيفي أعلى، أو حتى لفئات مستقلة تصنيفياً. على كل حال، فإن هذه الدراسات تدعم الفرضية العامة بأن زيادة التداخل يزيد من احتمالية العثور على آثار معنوية للنباتات الغازية ناتجة عن الملقحات.

وقيمت دراسات قليلة نسبيا التفاعلات الناتجة عن الملقحات بين النباتات الدخيلة الغازية والنباتات المحلية المتشابهة من حيث شكل وتركيب الزهرة وتلك المختلفة بالشكل والتركيب. ولم يجد الباحثان Grabas and Laverty (1999) دليلاً ثابتاً للمنافسة أو للتسهيل للملقحات بين نبات الريحان الأرجواني الدخيل (*L. salicaria*) والأزهار المحلية مع ملقحات عامة نسبياً مقابل ملقحات متخصصة. ومع ذلك، يستقطب الريحان الأرجواني (*L. salicaria*) مجموعة واسعة جداً من أنواع الحشرات. ومن الناحية النظرية، فإن الأنواع الغازية ذات التراكيب الزهرية والعلاقات المتخصصة مع مجموعات الملقحات تتنافس بشكل مكثف مع النباتات المحلية التي تمتلك أزهاراً مماثلة من حيث الشكل. ولا تدعم الأدلة التجريبية المتوفرة هذه الفرضية رغم ذلك. وقد سُجلت أزوج من النباتات المحلية وغير المحلية، كأزواج متشابهة أو مختلفة استناداً على تناظر الزهرة شعاعياً أو جانبياً. وتُظهر بيانات الزيارة وعقد البذور بأن لدى ٤ أنواع محلية من أصل ١٦ نوعاً لها شكل وتركيب زهري مشابه للنباتات الغازية أو الدخيلة، إلا أن أياً منها لا ُيشكل حالة تنافس على الملقحات أو يظهر انخفاضا في عقد البذور (Moraques and Traveset, 2005 and Larson et al., 2006). وتوجد نماذج مشابهة لبيانات عقد البذور أيضاً (Moraques and Traveset, 2005 and Larson et al., 2006). كما أنني لم أجد دليلاً على أن التشابه الشكلي أثر في احتمالية التفاعلات المُسهلة. وبالتالي، فإن التشابه الشكلي في الأزهار بين النباتات المحلية والنباتات الدخيلة لم يُظهر أي تأثير معنوي على أن النباتات الدخيلة سوف تُنافس

على أو تسهل عملية تلقيح النباتات المحلية، على الأقل على المستوى المحدود الذي أعتمد عليه لتقيّم تشابه الأزهار هنا. من المحتمل أن التشابه الكبير جداً في شكل الزهرة قد يزيد من فرص التنافس على الملقحات. وجدت دراسة واحدة ضمت النباتات المحلية والدخيلة التي تنتمي لنفس الجنس منافسةً كبيرة وانخفاضاً في عقد البذور في الأنواع المحلية (Brown and mitchell, 2001).

وما أصبح معروفاً من هذه النتائج، هو أن آثار النباتات الغازية الناتجة عن الملقحات على النباتات المحلية يجب أن تركز على أزواج من النباتات المحلية والغازية بوجود تداخل واسع مع الملقحات (أكثر من ٦٥٪). وثانياً، لا يبدو التشابه الشكلي بين الأزهار مهماً للمنافسة بين النباتات المُحتملة. وسيكشف إجراء البحوث المستقبلية عن قواعد عامة أخرى.

الخاتمة

على الرغم من أن العديد من النباتات الغازية تتم زيارتها من قبل النحل وقد تَتَطلب النحل لتلقيحها، إلا أن الدرجة التي يسهل ويعزز فيها النحل مباشرةً عملية غزو النباتات غير مُوثقة بشكلٍ جيد. والمرحلة التي يبدو فيها النحل أكثر احتمالاً للتأثير، هي مرحلة الغزو أو مرحلة الدخول الأولية للنباتات التي تَتَطلب الملقحات لعقد البذور، ولا تتكاثر خضرياً. والقيام بدراساتٍ أكثر عن تكاثر وتلقيح هذه النباتات خلال هذه المرحلة المبكرة، سوف يحسن فهمنا لتأثيرات النحل على عملية الغزو.

والغزوات الناجحة التي تتمثل بأعدادٍ كبيرة سائدة من النباتات الغازية والتي تمتلك أزهاراً جذابة غنية بالرحيق وحبوب اللقاح قد تؤثر على مجتمعات النحل، ولكن سوف تعتمد طبيعة التفاعل على مدى المقاربة والاختلاف في المجتمع الزهري قبل وبعد عملية الغزو. وقد تساعد المقارنات البسيطة لتركيبة المكافآت الزهرية قبل وبعد الغزو أو في وجود وغياب النبات الغازي على تطوير التنبؤات حول آثار النباتات

الغازية على مجتمعات النحل. وتوثق الدراسة التي قمتُ بها حول غزو نبات الريحان الأرجواني (*L. salicaria*)، التغييرات الواسعة في تركيبة مجتمع النحل المُرتبطة مع الغزو. ومن الواضح بأن هذه التغيرات تحدث نتيجةً لاستجابة أنواع مختلفة من الملقحات إلى أجزاء مختلفة من المجتمعات الزهرية. ونظراً للتنوع البيئي للنحل، فإن هذه النتيجة غير مفاجئة. ولم تَقُم أي دراسة ببحث أثر التغيرات على مواقع التعشيش أو المميزات والمظاهر الأخرى للمواقع بعد عملية الغزو على مجتمعات النحل. ونحتاج إلى إجراء المزيد من البحوث في هذه المجالات.

وقد تحدثت الفرضية حول الآثار غير المباشرة للنباتات الغازية من خلال الملقحات والتي تتجلى بحالة التسهيل أو حالة المنافسة مراراً وتكراراً، ولكن القليل من الدلائل التجريبية تُوثق أهمية النباتات المحلية في هذه العلاقات. ويتعين على الباحثين التركيز على اختبار التنبؤات العامة بالنسبة إلى نوع النباتات المحلية التي قد تعاني من المنافسة وعلى النطاق المكاني الذي تجري فيه هذه التفاعلات، أو الطرق التي يمكن للنبات الغازي أن يُغير فيها وبشكلٍ كبير في سلوك النحل، والذي من شأنه أن يُؤثر على تكاثر النباتات المحلية. وتُشير الدراسات الحالية إلى أن الملقحات تتداخل، ولكن ليس شكل الأزهار ما يحدد قوة هذه التفاعلات غير المباشرة.

إن اكتساب فهم أفضل لآثار النباتات الغازية على مجتمعات الملقحات وآثارها غير المباشرة المُحتملة على النباتات المحلية لا يُساعدنا فقط على تقييم تداعيات حفظ النباتات الناتجة عن الغزو وإنما أيضاً عند النظر في عمليات إزالة والتخلص من النباتات الغازية. وتدابير المكافحة التي تقضي بسرعة على مصدر غذائي مهم للنحل قد يكون لها انعكاسات سلبية غير مقصودة على مجتمعات النحل والنباتات المحلية التي تُلقحها. وقد تتجنب أعمال الترميم التي تعمل على إيجاد وإنشاء موارد زهرية بديلة في المدى القصير والطويل مزالق يمكن أن تُدمر جزءاً مهماً لشبكة الغذاء بين النبات والنحل. ويمكن للتعامل مع أزمة النباتات الغازية أن يستفيد من التخلي عن وجهة النظر بكون

النباتات الغازية آفات ضارة لها آثار سلبية فقط وتَبَني وجهة نظر بيئية تَأخذ بعين الاعتبار كلاً من التفاعلات الإيجابية والسلبية مع النباتات الغازية وكيفية تأثيرها على المجتمع المُستهدف.

شكر وتقدير

مُول البحث المتعلق بالريحان الأرجواني (*Lythrum salicaria*) من قبل زمالة D. H. Smith لأبحاث ما بعد الدكتوراة المتعلقة بالحفاظ على الطبيعة. واستفاد هذا الفصل من تعليقات على مسودات سابقة من Ingrid Parker، Amy Mckinney، Kristin Mercer، Rosalinda James و Theresa Pitts-Singer.

المراجع العلمية

Aigner, P. A. (2004). Ecological and genetic effects on demographic processes, pollination, clonality and seed production in Dithyrea maritime. Biological Conservation, 116, 27-34.

Ashman, T. L., Knight, T. M., Steets, J. A., Amarasekare, P., Burd, M., Campbell, D. R., et al. (2004). Pollen limitation of plant reproduction: Ecological and evolutionary causes and consequences. Ecology, 85, 2408-2421.

Baker, H. G. (1955). Self-compatibility and establishment after "long-distance" dispersal. Evolution, 9, 347-349.

----(1965). Support for "Baker's law" as a rule. Evolution, 21, 853-856.

Barthell, J., Thorp, R., Frankie, G. W., Kim, J. Y., and Hranitz, J. M. (2003). Impacts of introduced solitary bees on natural and agricultural systems: The case of the leafcutting bee Megachile apicalis (Hymenoptera: Megachilidae). In K. Strickler and J. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (151-163). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Barthell, J. F., Randall, J. M., Thorp, R. W., and Wenner, A. M. (2001). Promotion of seed set in yellow star-thistle by honey bees: Evidence of an invasive mutualism. Ecological Applications, 11, 1870-1883.

Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., et al. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science, 313, 351-354.

Brown, A. D. H. (1990). Genetic characterization of plant mating systems. In A. D. H. Brown,M. T. Clegg, and A. L. Kahler (Eds.), Plant population genetic resources, breeding, and genetic resources (145-162). Sunderland, MA: Sinauer.

Brown, B. J., and Mitchell, R. J. (2001). Competition for pollination: Effects of pollen of an invasive plant on seed set of a native congener. Oecologia, 129, 43-49.

Brown, B. J., Mitchell, R. J., and Graham, S. A. (2002). Competition for pollination between an invasive species (purple loosestrife) and a native congener. Ecology, 83, 2328-2336.

Cane, J. H. (2003). Exotic non-social bees (Hymenoptera: Apoidea) in North America: Ecological implications. In K. Strickler and J. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (113-126). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Cane, J. H., Minckley, R. L., Kervin, L. J., Roulston, T. H., and Williams, N. M. (2006). Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. Ecological Applications, 16, 632-644.

Chittka, L., and Schurkens, S. (2001). Successful invasion of a floral market: An exotic Asian plant has moved in on Europe's river-banks by bribing pollinators. Nature, 411, 653-653.

Corlett, R. T. (2006). Figs (Ficus, Moraceae) in urban Hong Kong, south China. Biotropica, 38, 116-121.

Daehler, C. C. (1998). The taxonomic distribution of invasive angiosperm plants: Ecological insights and comparison to agricultural weeds. Biological Conservation, 84, 167-180.

Daily, G. C., Alexander, S., Ehrlich, P. R., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P. A., et al. (1997). Ecosystem services: Benefi ts supplied to human societies by natural ecosystems. Issues in Ecology, 2, 1-16.

Ehrenfeld, J. G. (2003). Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. Ecosystems, 6, 503-523.

Elam, D. R., Ridley, C. E., Goodell, K., and Ellstrand, N. C. (2007). Population size and relatedness affect the fitness of a self-incompatible invasive plant. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 104, 549-555.

Forseth, I. N., and Innis, A. F. (2004). Kudzu (Pueraria montana): History, physiology and ecology combine to make a major ecosystem threat. Critical Reviews in Plant Sciences, 23, 401-413.

Ghazoul, J. (2002). Flowers at the front line of invasion? Ecological Entomology, 27, 638-640.

----(2004). Alien abduction: Disruption of native plant-pollinator interactions by invasive species. Biotropica, 36, 156-164.

Goodell, K. (2003). Structure of bee communities in calcareous fens invaded by purple loosestrife compared to uninvaded fens [Abstract]. Ecological Society of America Annual Meeting. Savannah, GA: Allen Press.

Gordon, D. R. (1998). Effects of invasive, non-indigenous plant species on ecosystem processes: Lessons from Florida. Ecological Applications, 8, 975-989.

Goulson, D. (2003). Effects of introduced bees on native ecosystems. Annual Review of Ecology and Systematics, 34, 1-26.

Goulson, D., and Derwent, L. C. (2004). Synergistic interactions between an exotic honey bee and an exotic weed: Pollination of Lantana camara in Australia. Weed Research, 44, 195-202.

Goulson, D., and Hanley, M. E. (2004). Distribution and forage use of exotic bumble bees in South Island, New Zealand. New Zealand Journal of Ecology, 28, 225-232.

Goulson, D., Hughes, W. O. H., Derwent, L. C., and Stout, J. C. (2002). Colony growth of the bumble bee, Bombus terrestris, in improved and conventional agricultural and suburban habitats. Oecologia, 130, 267-273.

Grabas, G. P., and Laverty, T. M. (1999). The effect of purple loosestrife (Lythrum salicaria L., Lythraceae) on the pollination and reproductive success of sympatric co-flowering wetlandplants. Ecoscience, 6, 230-242.

Hanley, M. E., and Goulson. D. (2003). Introduced weeds pollinated by introduced bees: Cause or effect? Weed Biology and Management, 3, 204-212.

Hansen, V. I., and Totland, ?. (2006). Pollinator visitation, pollen limitation, and selection on flower size through female function in contrasting habitats within a population of Campanula persicifolia. Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique, 84, 412-420.

Herrera, C. M. (1995). Microclimate and individual variation in pollinators - flowering plants are more than their fl owers. Ecology, 76, 1516-1524.

Herrera, C. M. (1997). Thermal Biology and foraging responses of insect pollinators to the forest flower irradiance mosaic. Oikos, 78, 601-611.

Herrera, C. M. (1988). Variation in mutualisms: The spatio-temporal mosaic of a pollinator assemblage. Biological Journal of the Linnean Society, 35, 95-125.

Hurd, P. D., Linsley, E. G., and Michelbacher, A. E. (1974). Ecology of the squash and gourd bee, Peponapis pruinosa, on cultivated cucurbits in California (Hymenoptera: Apoidea). Smithsonian Contributions to Zoology, 168, 1-17.

Hyatt, L. A., and Araki, S. (2006). Comparative population dynamics of an invading species in its native and novel ranges. Biological Invasions, 8, 261-275.

Kearns, C. A., Inouye, D. W., and Waser, N. M. (1998). Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. Annual Review of Ecology and Systematics, 29, 83-112.

Knight, T. M., Steets, J. A., Vamosi, J. C., Mazer, S. J., Burd, M., Campbell, D. R., et al. (2005). Pollen limitation of plant reproduction: Pattern and process. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics, 36, 467-497.

Koop, A. L., and Horvitz, C. C. (2005). Projection matrix analysis of the demography of an invasive, nonnative shrub (Ardisia elliptica). Ecology, 86, 2661-2672.

Kremen, C., Williams, N. M., Bugg, R. L., Fay, J. P., and Thorp, R. W. (2004). The area requirements of an ecosystem service: Crop pollination by native bee communities in California. Ecology Letters, 7, 1109-1119.

Kremen, C., Williams, N. M., and Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensifi cation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 99, 16812-16816.

Larson, D. L., Royer, R. A., and Royer, M. R. (2006). Insect visitation and pollen deposition in an invaded prairie plant community. Biological Conservation, 130,148-159.

Larson, K. C., Fowler, S. P., and Walker, J. C. (2002). Lack of pollinators limits fruit set in the exotic Lonicera japonica. American Midland Naturalist, 148, 54-60.

MacFarlane, R. P., Grundell, J. M., and Dugdale, J. S. (1992). Gorse on the Chatam Islands seed formation, arthropod associations and control. In Proceedings of the 45th New Zealand Plant Protection Conference (251-255). Hastings: New Zealand Plant Protection Society.

McFrederick, Q. S., and LeBuhn, G. (2006). Are urban parks refuges for bumble bees Bombus spp. (Hymenoptera: Apidae)? Biological Conservation, 129, 372-382.

Memmott, J., and Waser, N. M. (2002). Integration of alien plants into a native flower-pollinator visitation web. Proceedings of the Royal Society of London: Series B. Biological Sciences, 269, 2395-2399.

Moeller, D. A. (2005). Pollinator community structure and sources of spatial variation in plantpollinator interactions in Clarkia xantiana ssp xantiana. Oecologia, 142, 28-37.

Moragues, E., and Traveset, A. (2005). Effect of Carpobrotus spp. on the pollination success of native plant species of the Balearic Islands. Biological Conservation, 122, 611-619.

Morales, C. L., and Aizen, M. A. (2002). Does invasion of exotic plants promote invasion of exotic flower visitors? A case study from the temperate forests of the southern Andes. Biological Invasions, 4, 87-100.

----(2006). Invasive mutualisms and the structure of plant-pollinator interactions in the temperate forests of north-west Patagonia, Argentina. Journal of Ecology, 94, 171-180.

Nadel, H., Frank, J. H., and Knight, R. J. (1991). Escapees and accomplices: The naturalization of exotic (Ficus) and their associated faunas in Florida. Florida Entomologist, 75, 29-38.

National Research Council. (2006). Status of pollinators in North America. Washington, DC: National Academies Press.

Olesen, J. M., Eskildsen, L. I., and Venkatasamy, S. (2002). Invasion of pollination networks on oceanic islands: Importance of invader complexes and endemic super generalists. Diversity and Distributions, 8, 181-192.

Parker, I. M. (1997). Pollinator limitation of Cytisus scoparius (Scotch broom), an invasive exotic shrub. Ecology, 78, 1457-1470.

----(2000). Invasion dynamics of Cytisus scoparius: A matrix model approach. Ecological Applications, 10, 726-743.

Parker, I. M., and Haubensak, K. A. (2002). Comparative pollinator limitation of two non-native shrubs: Do mutualisms infl uence invasions? Oecologia, 130, 250-258.

Parker, I. M., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Goodell, K., Wonham, M., Kareiva, P. M., et al. (1999). Impact: Toward a framework for assessing the ecological effects of invaders. Biological Invasions, 1, 3-19.

Pimentel, D., Zuniga, R., and Monison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. Ecological Economics, 52, 273-288.

Potts, S. G., Vulliamy, B., Dafni, A., Ne'eman, G., O'Toole, C., Roberts, S., et al. (2003). Response of plant-pollinator communities to fi re: Changes in diversity, abundance and floral reward structure. Oikos, 101, 103-112.

Rambuda, T. D., and Johnson, S. D. (2004). Breeding systems of invasive alien plants in South Africa: Does Baker's rule apply? Diversity and Distributions, 10, 409-416.

Richardson, D. M., Allsop, N., D'Antonio, C. M., Milton, S. J., and Rejm?nek, M. (2000). Plant invasions: The role of mutualisms. Biological Reviews, 75, 65-93.

Schmitz, D. C., Simberloff, D., Hofstetter, R. H., Haller, W., and Sutton, D. (1997). The ecological impact of nonindigenous plants. In D. Simberloff, D. C. Schmitz, and T. C. Brown (Eds.), Strangers in paradise: Impact and management of nonindigenous species in Florida (39-61). Washington, DC: Island Press.

Schurkens, S., and Chittka, L. (2001). The signifi cance of the invasive crucifer species Bunias orientalis (Brassicaceae) as a nectar source for central European insects. Entomologia Generalis, 25, 115-120.

Simberloff, D. (2006). Invasional meltdown 6 years later: Important phenomenon, unfortunate metaphor, or both? Ecology Letters, 9, 912-919.

Simberloff, D., and Von Holle, B. (1999). Positive interactions of nonindigenous species: Invasional meltdown? Biological Invasions, 1, 21-32.

Simpson, S. R., Gross, C. L., and Silberbauer, L. X. (2005). Broom and honey bees in Australia: An alien liaison. Plant Biology, 7, 541-548.

Steffan-Dewenter, I., and Tscharntke, T. (1999). Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. Oecologia, 121, 432-440.

Stephen, W. P. (2003). Solitary bees in North American agriculture: A perspective. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (41-66). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Stout, J. C., Kells, A. R., and Goulson, D. (2002). Pollination of the invasive exotic shrub Lupinus arboreus (Fabaceae) by introduced bees in Tasmania. Biological Conservation, 106, 425-434.

Sutherland, S. (2004). What makes a weed a weed: Life history traits of native and exotic plants in the USA. Oecologia, 141, 24-39.

Swearington, J. (2006). WeedsUS: Database of plants invading natural areas in the U.S. Retrieved October 25, 2004, from the U.S. National Parks Service website,http://www.nps.gov/plants/ alien/list/all.htm.

Taylor, C. M., and Hastings, A. (2005). Allee effects in biological invasions. Ecology Letters, 8, 895-908.

Thomson, D. (2004). Competitive interactions between the invasive European honey bee and native bumble bees. Ecology, 85, 458-470.

Traveset, A., and Richardson, D. M. (2006). Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. Trends in Ecology and Evolution, 21, 208-216.

Van Kleunen, M., and Johnson, S. D. (2007). Effects of self-compatability on the distribution range of invasive European plants in North America. Conservation Biology, 21, 1537-1544.

Waser, N. M., Chittka, L., Price, M. V., Williams, N. M., and Ollerton, J. (1996). Generalization in pollination systems, and why it matters. Ecology, 77, 1043-1060.

Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., and Tscharntke, T. (2003). Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. Ecology Letters, 6, 961-965.

Williamson, M. H., and Fitter, A. (1996). The characters of successful invaders. Biological Conservation, 78, 163-170.

الفصل الحادي عشر

تقدير احتمالات تدفق المورثات في المحاصيل المُعدلة وراثياً من خلال التلقيح بواسطة النحل

James E. Cresswell

مُقدمة

أُفرج عن المحاصيل المُعدلة وراثياً (GM) أولاً في سنة ١٩٨٦م (Barber, 1999) وبدأ الإنتاج التجاري منذ ١٠ سنوات، مع زيادة المساحة المعتمدة عالمياً بزراعة هذه المحاصيل لأكثر من ٨١ مليون هكتار في ١٧ بلداً (James, 2004)، بالرغم من أن حوالي ٩٩٪ من المساحات المزروعة تقع في أربعة بلدان، وهي الولايات المتحدة والأرجنتين، وكندا، والصين.

وتستند معظم المحاصيل المُعدلة وراثياً والمستخدمة تجارياً في الوقت الحاضر إلى مورِّثات مُدْخلة تمنح الصفات المرتبطة بصحة النباتات (Barber, 1999) مثل مقاومة الحشرات أو تَحَمُّل مبيدات الأعشاب، وأي من هذه لا تشكل خطراً مثبتاً على سلامة الإنسان من خلال التلقيح الخلطي مع محاصيل الزراعة التقليدية. ومع ذلك، كان هناك استجابة علمية كبيرة للقلق العام بشأن الآثار البيئية للمحاصيل المُعدلة وراثياً وإمكانية اندماج المورثات المُعدلة وراثياً في السلسلة الغذائية البشرية

(Colwell et al., 1985; Lutman, 1999 and Poppy and Wilkinson, 2005). ونشأ القلق بشكل خاص في أوروبا، حيث تُحظر الزراعة التجارية للمحاصيل المُعدلة وراثياً حالياً (Weekes et al., 2005).

وتقيّد التشريعات ومستوى الحدود التنظيمية في الاتحاد الأوروبي آفاق تطور المحاصيل المُعدلة وراثياً ضمن الزراعة الأوروبية والتي تحد من مستويات الوجود العَرضي للمحاصيل المُعدلة وراثياً في محصول نباتات الزراعة التقليدية والعضوية. وبالتالي، فإن التعايش المستقبلي للمحاصيل المُعدلة وراثياً والمحاصيل التقليدية يعتمد كحل وسط على قدرة المزارعين في اعتماد وترخيص محاصيلهم للبيع في السوق الأوروبي المربح والخالي من الأصناف المُعدلة وراثياً (Belcher et al., 2005). ومن المحاصيل الرئيسية المُعدلة وراثياً، المحاصيل الثلاثة (فول الصويا والقطن والكانولا) يمكن أن يتم تلقيحها بشكل خلطي بواسطة النحل (Crane and Walker, 1984)، على الأقل إلى حد ما. وعندما تتواجد الأصناف المُعدلة وراثياً والأصناف التقليدية لهذه المحاصيل معاً في المناطق الزراعية، والحقل بجانب الحقل، فالتلقيح الخلطي بواسطة النحل يعتبر الوسيلة التي قد تؤدي إلى انتقال المورثات المنقولة من المحاصيل المعدلة وراثياً للمحاصيل التقليدية.

وينشأ قلق إضافي من جيل جديد للمحاصيل المُعدلة وراثياً والتي تنبثق من صناعة التكنولوجيا الحيوية النباتية: زراعة النبات الجزيئية (Ma et al., 2005). الزراعة النباتية الجزيئية: هي زراعة النباتات لإنتاج الجزيئات الحيوية المفيدة للصناعة، والطب أو العلوم. وتشمل أمثلة من هذه الجزيئات الحيوية اللقاحات والمواد الصيدلانية أو البلاستيك الحيوي (Horn et al., 2004). ويثير ظهور زراعة النبات الجزيئية القلق العام إضافة إلى إمكانية اندماج هذه الجزيئات الحيوية في المواد الغذائية للإنسان من خلال الصدفة. وبعض النباتات التي تم تطويرها لزراعة النبات الجزيئية حالياً يتم تلقيحها بواسطة النحل، وعلى وجه التحديد دوار الشمس والبطيخ والطماطم والتبغ (Horn et al., 2004).

ويمكن أن يكون النحل ملقحاً هاماً في المناطق الزراعية وقد يشكل خطراً على عزل النباتات المُعدلة وراثياً أيضاً، ولكن هل من الضروري دراستها بشكل دقيق ومتخصص؟ بالنسبة لبعض المحاصيل، مثل نبات الكانولا، أظهرت النتائج المتراكمة لتجارب ميدانية كثيرة (Damgaard and Kjellsson, 2005) أن انتشار المورثات المُعدلة وراثياً من مصدر محدد قد يتلاشى ولكن على مستوى منخفض. وعلاوة على ذلك، توفر هذه التجارب الميدانية أيضاً أساساً للتوصية باتخاذ تدابير الحجز للنباتات المُعدلة وراثياً، مثل المسافات الفاصلة بين المحاصيل المُعدلة وراثياً والحقول التقليدية، والتي ينبغي أن تضمن وجوداً منخفضاً لا يصل إلى حد العتبة من المحاصيل المُعدلة وراثياً في غلة المحاصيل التقليدية (Ingram, 2000). ومع ذلك، فإن التكلفة العالية والجهد المبذول للتجارب الميدانية الكبيرة، مثل تلك التي أجريت في أستراليا (Rieger et al., 2002)، يعني أنه ليس من الممكن القيام بها في جميع الظروف المحتملة. وهكذا لدينا قدرة محدودة على التنبؤ بطبيعة التصميم الحقلي الأكثر حساسية لانتقال المحاصيل المُعدلة وراثياً عن طريق حبوب اللقاح. وعلاوة على ذلك، فإن التجارب الميدانية، لا تستطيع بذاتها تحديد الخيارات الإدارية، مثل تحديد فيما إذا كان تنظيم وإدارة الصفات النباتية أو الكثافة النحلية هو الأفضل لتحسين مستوى الحجز للمحاصيل المعدلة وراثياً. وهناك، بالتالي منفعة يمكن الحصول عليها من المبادئ التي تُعَرِّف وتُحدد احتمالات حدوث التلقيح الخلطي بواسطة النحل لتسبب انتقال مورثات المحاصيل المُعدلة وراثياً في محاصيل الزراعة التقليدية. وفي وقت لاحق، أناقش الآليات المُسببة لتدفق المورثات بواسطة الحشرات وإظهار كيف يمكن أن تكون على شكل نموذج رياضي للتنبؤ نظرياً بالمستويات المرجحة لتدفق المورّث من حقل إلى حقل بواسطة الملقحات في المحاصيل التي يتم تلقيحها بواسطة النحل.

ويمكن للتلقيح الخلطي بواسطة النحل أن يُمكّن مورّثات منقولة من المحاصيل المُعدلة وراثيًا بأن تصل وتندمج مع مجموعات مختلفة من المورثات، بما فيها تلك المحاصيل التقليدية للنوع نفسه، والمجتمعات البرية للمحصول، أو أقارب المحصول البريّة. وفهم

التهجين مع الأقارب البريّة قد يكون مهماً جداً في إدارة حجز المحاصيل المُعدلة وراثيًا (Ellstrand et al., 1999 and Chapman and Burke, 2006)، ولكن يحكمها عوامل أخرى كثيرة إضافة لمستوى التلقيح الخلطي الذي يُعتبر مصدرَ البحث والقلق الرئيس لهذا الفصل. وعلى سبيل المثال، تُحَدَد مستويات التهجين أيضاً بقدرة حبوب اللقاح من أصناف أو سلالات أخرى بإخصاب البويضات وحيوية البذور والنباتات الناتجة منها (Rieger et al., 2001). ومناقشة النماذج التي تُقَدم هنا تُركز على تدفق المورّثات بواسطة الملقحات بين مجتمعات النباتات ذات النوع الواحد، مع إمكانية ملاءمة هذه النماذج وتكيفها لتطبيقها في ظروف التهجين من خلال دمج عوامل إضافية.

ويتكوّن الفصل من خمسة أقسام رئيسية. وفي الجزء الأول، أراجع معرفتنا عن الجوانب الرئيسية لبيئة النحل التي تجعلها ملقحات محتملة مهمة في المناطق الزراعية. وفي الجزء الثاني، انظر في كيفية تحديد أهمية تلقيح النحل لمحصول معين. وفي الجزء الثالث، أناقش العوامل التي تؤثر على التلقيح الخلطي من حقل إلى حقل وإظهار كيف يُمكن أن تُقاس هذه العوامل لتقييم احتمالات انتقال المورّثات من المحاصيل المُعدلة وراثياً. وفي الجزء الرابع، أستخلص بعض الاستنتاجات العامة حول الدور المحتمل للنحل في إستراتيجيات الحجز للمحاصيل المُعدلة وراثياً والتي تلقح بواسطة الحشرات. وأود أن أقدم الأمثلة في الأجزاء الأربعة على سبيل الحصر من النحل الاجتماعي: النحل الطنّان (Hymenoptera: Apidae, Bombini, *Bombus* spp.) ونحل العسل (Hymenoptera: Apidae, *Apis mellifera* L.) – والتي تعكس أهميتها القصوى في المناطق الزراعية في أوروبا، لمعرفتي بهذه الأنواع من النحل، وأيضاً لعدم تمكني من إيجاد المعلومات ذات الصلة حول أنظمة تلقيح نباتية أخرى. وأخيراً، أتحدث عن الدراسات المُستقبلية الضرورية والتي يمكن أن تعالج هذا التحيز ولضمان اكتساب معرفة أكثر حول النحل كملقحات في المناطق الزراعية. ويهدف الفصل، تحقيقاً لهذه الغاية، إلى توفير الأساس النظري الذي سيمكن الباحثين من تحديد المتغيرات الحاسمة للقياس.

كفاءة النحل كملقحات في المناطق الزراعية

يشكل النحل قوة تلقيح كامنة كبيرة في بعض المناطق الزراعية، والتي تكون في بعض الحالات قادرة على تلقيح الحقول بأكملها. وتتحدد قوتها كملقحات من خلال ثلاثة عوامل هي: (١) الوفرة العددية، (٢) معدل زيارة الزهرة و(٣) الفعالية في نقل حبوب اللقاح خلال كل زيارة تقوم بها. وسأستعرض بإيجاز هذه الجوانب الثلاثة الرئيسية.

يزور النحل الزهور لجمع الغذاء (المكافئة) مثلاً الرحيق وغبار الطلع. ويقوم النحل بالسروح في الحقول الزراعية عندما تُعْطِي الزهور المكافأة المناسبة. ويمكن أن يكون مجموع المكافآت المعروضة من خلال أعداد كبيرة من الأزهار الكثيفة والمتجاورة في الحقول الزراعية مشجعة ومحفزة بما فيه الكفاية لجذب أعداد كبيرة من النحل (Scheffler et al., 1993). وعلى سبيل المثال، في المسوحات المُرتبطة مع تقييم الأعداد على مستوى المزرعة (FSE) للمحاصيل المُعدلة وراثياً في جميع أنحاء المملكة المتحدة، وُجد بأن كثافة النحل الطنّان في حقول نباتات الكانولا (*Brassica napus*) تصل لغاية ٠,١٥ نحلة/ م٢ (وزارة البيئة والغذاء والشؤون الريفية FDEFRA, 2005)؛ وفي حقل نموذجي بمساحة خمسة هكتارات، فإن هذه الكثافة تعني وجود ٧٦٠٠ نحلة. وفي مسوحات مشابهة على مستوى المزرعة (FSE) للمحاصيل المُعدلة وراثياً وُجد بأن كثافة نحل العسل تصل لغاية ٠,٢٦ نحلة/ م٢، وهو ما يعني ضمناً وجود ١٣ ألف نحلة عسل لكل حقل بمساحة خمسة هكتارات. ومع ذلك، في هذه المسوحات، نادراً ما تصل كميات النحل المتوفرة لهذه الحدود القصوى، ومعدل الكثافة النحلية كانت عادةً أقل من حيث القيمة في كلتا الحالتين.

ويمكن الأخذ بالاعتبار سمتين حيويتين لقدرة النحل الطنّان ونحل العسل لتصل لأعدادٍ كبيرة في حقل كبير من الأزهار والتي قد تحصل في حالة تزامن تفتح الأزهار

بشكلٍ كبير في حقل زراعي. فالسمة الأولى تتعلق بكثافة النحل، فقد تكون كثافة النحل بالنسبة للمساحة في المناطق المجاورة مرتفعة، وبالتالي توفير عدد كبير من النحل السارح، على سبيل المثال، ما بين ١٠ إلى ١٠٠ خلية نحل طنان/كم٢ في المنطقة الزراعية (Darvill et al., 2004)، وتحتوي كل خلية على عدة مئات من العاملات السارحة لجمع الغذاء مما يوفر عدداً هائلاً من أفراد النحل المُلَقِحة. وثانياً: قد يشكل مصدر الأزهار الغنيّة بما فيه الكفاية عاملَ جذب للنحل من منطقة واسعة وبعيدة وعامل مساعد على السروح بمدى واسع النطاق. ويمكن للنحل الطنّان أن يطير مسافة ٧ متر/ثانية (Osborne et al., 1999)، مما يمكنه من اجتياز مسافة ١ كم في ٢,٥ دقيقة. وهكذا تتناول رحلة البحث عن الطعام عادة جزءا بسيطاً من الوقت (٤٠-١٥٠ ثانية؛ Cresswell et al., 2000) ذهاباً وإياباً من عش النحل إلى حقل يبعد ١ كيلومتر عن الخلية. وتعتبر رحلات السروح لمسافات طويلة مجدية اقتصادياً من الناحية النظرية (Cresswell et al., 2000). والمشاهدات الواردة من الدراسات المختلفة تؤكد ذلك. فعلى سبيل المثال، حُددت نطاقات السروح ضمن مدى كيلومتر بطريقة التعليم واسترداد العلامة (Walther-Hellwig and Frankl, 2000)، وعن طريق تحليل التمايز المكاني للصفات الجزيئية (Knight et al., 2000)، وبالنسبة لنحل العسل، بتحليل وفك شيفرة رقاصاتها الاهتزازية (Visscher and Seeley, 1982). وبالنسبة للنحل الطنّان، أكثر من ثلث الشغالات تسرح لمسافة تزيد عن ٢ كم من موقع العش أو الخلية (Walther-Hellwig and Frankl, 2000). وتعتبر رحلات السروح لمسافات بعيدة تصل إلى ٦ كم في نحل العسل روتينية (Visscher and Seeley, 1982).

وتُعتبر أفراد النحل زائراً سريعاً وخاطفاً في زيارة الأزهار عادةً. وتستغرق زيارة الزهرة من قبل النحل الطنّان ونحل العسل غالباً بضع ثوان في البقع الزهرية الكثيفة من الحقول الزراعية. وتكون معظم مسافات الطيران بين الأزهار في مناطق السروح المناسبة قصيرة (Schmitt, 1980 and Waser, 1982)، ويتم إنجازها بسرعة كبيرة. ويزور النحل

الطنّان زهرة واحدة كل ٣ ثوان عادةً في حقول الكانولا (*B. napus*)، أما نحل العسل فإنه يزور زهرة واحدة كل ٥ ثوان (Hayterand Cresswell, 2006). وأعطت نباتات الكانولا (*B. napus*) في أحد الحقول الزراعية في المملكة المتحدة في تموز "يوليو" كثافة زهرية تساوي٢٦٠ زهرة/م٢ (Cresswell and Hayter, 2006). وبالتالي تحتاج عاملة النحل الطنّان الواحدة إلى ٧٨٠ ثانيةً أو ١٣ دقيقةً لزيارة كل الأزهار المتفتحة في المتر المربع الواحد. وبالواقع فقد عُثر على كثافة عالية وبشكل إستثنائي لشغالات النحل الطنّان تعادل ٠,٥ نحلة/م٢، وبالتالي، فإن كل زهرة يتم زيارتها مرتين من قبل شغالات النحل الطنّان بكل ٢٦ دقيقة. وفي ظل ظروف العوامل الزراعية، تزهر زهرة الكانولا لمدة ٥ أيام، أو ما يقرب من ٥٠ ساعة نهارية، مما يعني أن تستقبل الزهرة الواحدة ما يزيد عن ١٠٠ زيارة للنحل الطنان خلال فترة تفتحها مع وجود هذه الوفرة العالية جداً للنحل الطنّان.

وتختلف أنواع النحل في مدى فعاليتها في تلقيح نوع معين من الأزهار (Motten et al., 1981). النحل الكبير حجماً، مثل النحل الطنّان، قادر على نقل كمية كافية من حبوب اللقاح تكفي لتلقيح جميع البويضات المُتاحة خلال زيارة واحدة فقط لأزهار التوت البري (*Vaccinium macrocarpon* Aiton) (Cane and Schiffhauer, 2003)، أو زهرة الكانولا (*B. napus*) (Mesquidaand Renard, 1984 and Cresswell, 1999). وفي المقابل، تتطلب مجموعة البذور الكاملة في زهرة التوت البري ثلاث زيارات من نحل العسل أو زيارتين من نحل أوراق نبات البرسيم الانفرادي (*Megachile rotundata*) لإتمام عملية التلقيح (Cane and Schiffhauer, 2003). وتشير هذه البيانات المحدودة إلى أن النحل من الملقحات الفعّالة للغاية وتتطلب الزهور عدداً أقل من الزيارات من أجل تحقيق عقد لمجموعة البذور المحتملة كاملةً.

وباختصار، تملك النحلة القدرة على أن تكون ملقحات مهمة في المناطق الزراعية، ولكن يعتمد هذا على وفرتها، ومعدل زيارتها للزهرة، والفعالية في نقل

حبوب اللقاح في كل زيارة. وضمن العلاقة المتخصصة بين النبات والملقح، فإنني أعتقد أن معدل زيارة المُلقح للزهرة الواحدة وفعالية هذه الزيارات من المحتمل أن تكون ثابتة إلى حدٍ ما لأنها تُحَدَدْ في المقام الأول اعتماداً على السمات الفسيولوجية والشكلية والسلوكية للملقحات بالإضافة إلى التركيب الشكلي للزهرة، والتي تختلف جميعها بمدى بسيط ومحدود. ومن الملاحظ، على سبيل المثال، أن معدل زيارة النحل الطنّان لأزهار الكانولا (*B. napus*) في الحقول الزراعية متماثل تقريباً في دراسات عديدة (حوالي ٣ ثوان لكل زهرة)، وربما يرجع ذلك إلى الثبات النسبي في كثافة المنطقة المزهرة في الحقول ومحدودية الاختلافات في فترة البحث عن الزهرة أو الطيران بين زهرة وأخرى بالإضافة إلى أن الوقت الذي تستسغرقه النحلة في التعامل مع الزهرة لا يعتمد على مستواها من الرحيق (Cresswell, 1999). والاختلاف في فعالية التلقيح لكل زهرة قد يتحدد أيضاً من خلال طبيعة الاتصال الميكانيكي بين الأجزاء التكاثرية الجنسية للزهرة وجسم النحلة (Cresswell 1998, 2000 and Cresswell and Hoyle, 2006)، على الرغم من أن التلقيح قد يختلف أيضاً وإلى حدٍ ما مع توافر حبوب اللقاح على الزهور (Cresswell, 1999). فقد لوحظ أن كثافة النحل في الحقول الزراعية تختلف بمستويين مختلفين من حيث الكمية (Hayter and Cresswell, 2006)، ولذلك فإنني أعتقد أن وفرة النحل في المواقع المختلفة قد تشكل العامل الرئيس الذي يحدد أهمية الملقح في تلك المواقع (Winston Morandin, 2005). ومرة أخرى، أرى أن العلاقة الكمية بين وفرة أنواع النحل وأهمية هذه الوفرة بالنسبة للمحصول المعني، هي التي تحدد أهمية الملقح.

ما هي أهمية التلقيح بواسطة النحل لمحصول معين؟

أحد المُحددات الأساسية لأهمية التلقيح بالنحل في الحقول الزراعية هو نسبة الزهور التي تتم زيارتها بواسطة النحل، ونرمز لها بالحرف (R) "معامل نسبة الزيارة"، وذلك لأن النحل يمكن أن يؤثر على أصل ونسب البذور في الزهور التي يقوم بزيارتها

وتلقحيها فقط. ويمكن تقدير معامل نسبة الزيارة (R) من بعض القياسات الأساسية للعلاقة بين النبات والملقح ضمن ذلك النظام على النحوالتالي. اجعل الرمز (F) يدل على الكثافة الزهرية في المتر المربع الواحد، واجعل الرمز (H) يدل على الزمن الذي تستغرقه النحلة في زيارة الزهرة (بما في ذلك الرحلة بين الزهور) محسوبةً بالساعات. وبالتالي فإن النحلة تزور H/1 من الأزهار في الساعة الواحدة. إذا كانت الكثافة النحلية تساوي نحلة واحدة في المتر المربع الواحد، بالتالي فإن كل زهرة تتلقى زيارة واحدة بالمتوسط كل FH/1 ساعة. وإذا دل الرمز (B) على الكثافة النحلية في المتر المربع الواحد، بالتالي من المتوقع أن تستقبل كل زهرة B/FH زيارة لكل ساعة. وإذا كانت الزهرة تتفتح لوقت مقدارة (L) ساعة خلال فترة حياتها الوظيفية، فإن مجموع عدد زيارات النحل، أو نقل حبوب اللقاح ونرمز له بالرمز (D)، المتوقع لكل زهرة يمكن حسابه كالتالي:

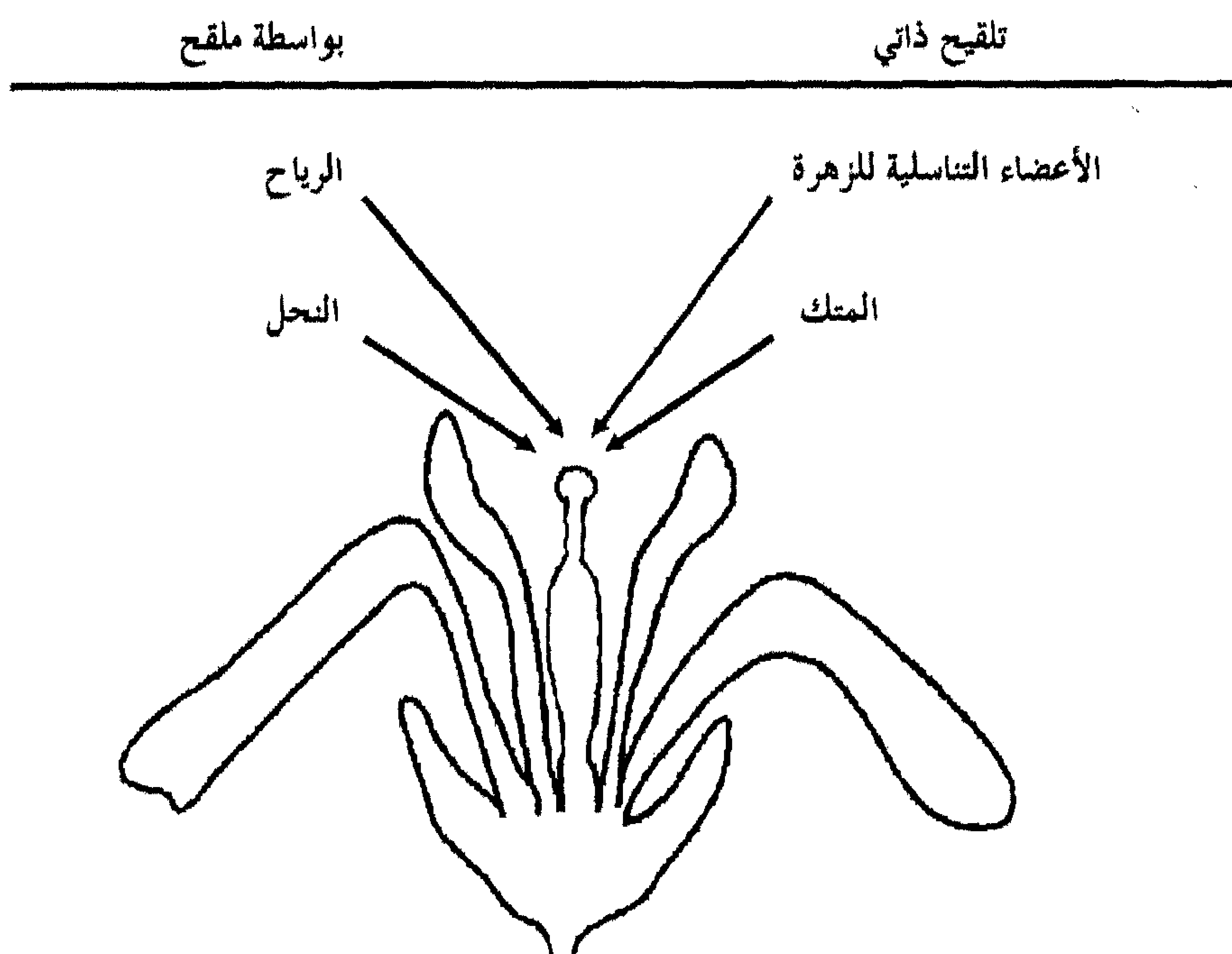
$$D=LB/FH \qquad (١-١١)$$

وإذا كانت $D \geq 1$ (المعادلة ١١-١) فإن $R = D$ ، أو أن R=1. وتوضح هذه العلاقة المعدل فقط؛ ومقدار التباين حول المعدل يعتمد على التفاصيل في سلوك النحل عند زيارة الأزهار.

وفي حقل من الكانولا *B. napus* في المملكة المتحدة في نيسان "أبريل"، كانت كثافة الزهور ١,١١٥ زهرة/م^{٢}، وكانت كثافة النحل الطنّان ٠,٠٠٢ نحلة/م^{٢}، وكانت نسبة 1/H تساوي ١٢٠٠ زيارة/زهرة بالساعة (Hayter and Cresswell, 2006). فعند تطبيق المعادلة (١١,١) مع هذه القيم يدل على أن العدد المتوقع لزيارات النحل الطنّان التي تتلقاها زهرة تتفتح لمدة (٥٠ ساعة) يساوي D=R=0.1. وبعبارة أخرى، يعني أن نسبة ١٠٪ من الأزهار تتم زيارتها فقط وبزيارة واحدة لكل زهرة.

ومن الواضح أن أهمية التلقيح بواسطة النحل تنخفض عندما تكون قيمة (R) صغيرة، ولكن حتى لو قام النحل بزيارة كل زهرة وتم نقل حبوب اللقاح لها، فهناك

عوامل أخرى تُحدد تأثير التلقيح بواسطة النحل على أصل أو نسب البذور أيضاً. أولاً، قد لا تخصب زيارة نحل واحدة للزهرة البويضات بالكامل (Motten et al., 1981). وثانياً، قد تصل حبوب اللقاح لميسم الزهرة بطرق مُختلفة (الشكل ١١,١)، وتتنافس هذه الأنماط في إخصاب بويضات الزهرة (Harder and Routley, 2006 and Hoyle et al., 2006). ففي بعض المحاصيل التي تمتلك أزهاراً تتناسب مع الملقحات الحيوانية (أزهار تلقح بواسطة الحيوانات)، يمكن أن يحدث التلقيح عن طريق الرياح (Eisikowitch, 1981)، ولكن ربما بمعدل منخفض نسبياً فقط، وذلك لأن الأزهار حيوانية التلقيح، غير ملائمة لالتقاط حبوب اللقاح المحمولة جواً (Cresswell et al., 2004).



الشكل (١١,١). أوضاع محتملة التلقيح لزهرة تُلقح بواسطة الحيوانات.

ومن المرجح أن أزهار أنواع المحاصيل المخصصة للإنتاج قادرة في كثير من الأحيان على تلقيح أنفسها ذاتياً، والتي تضمن عقد الثمار حتى مع غياب الملقحات. ويمكن لمعظم المحاصيل حيوانية التلقيح، على سبيل المثال، فول الصويا (*Glycine max* Merr.)، القطن (*Gossipium* spp.)، الكانولا (*B. napus*)، والعصفر (*Carthamus tinvtorius* L) أن تلقح نفسها ذاتياً أيضاً؛ لأنها تمتلك أزهاراً خنثى مع حبوب لقاح متوافقة ذاتياً بشكلٍ كامل (Lloyd and Schoen, 1992).

ويمكن للنباتات أن تُلقح نفسها ذاتياً من خلال آليات مُختلفة. وتتحرر حبوب اللقاح في فول الصويا، على سبيل المثال، قبل أن تتفتح الزهرة (Crane and Walker, 1984). وتُقدم حبوب اللقاح في العصفر من خلال محقان لولبي، أو كبس لولبي، وهي آلية، تعمل فيها الأجزاء الأنثوية كمكبس لفصل حبوب اللقاح التي قد أُفرج عنها في داخل أنبوب الزهرة. ويوجد الميسم (الجزء المستقبل لحبوب القاح في الزهرة) في أعلى المكبس، وهكذا يصبح الميسم مغلفاً بحبوب اللقاح، والتي قد تخصب بويضات الزهرة في وقت لاحق (McGregor, 1976). وفي بعض أنواع النباتات البرية، ينثني ميسم الزهرة تدريجاً ليلامس الأجزاء الذكرية مع تقدم عمر الزهرة (Ruan, et al., 2005). وحتى عندما تكون آليات التلقيح الخاصة غير واضحة، يمكن للتلقيح الذاتي العفوي أن يتم في الأزهار التي تتعرض للرياح، حيث تهتز حبوب اللقاح الملتصقة في الأجزاء الذكرية وتسقط على الميسم (Hayter and Cresswell, 2006). وقد ينتج عن ذلك في بعض المحاصيل، عندما تكون النباتات مزدحمة بالحقل، تلقيح خلطي ذاتي (Hoyle et al., 2007).

إذا أدت الآليات الذاتية لنقل كمية كافية من حبوب اللقاح لعقد الثمار الكامل، فإن إنتاجية المحصول لن تعتمد بعد ذلك على وفرة الملقحات. وفي مواجهة هذا السيناريو، فإنه قد يكون مغرياً أن نستنتج أن النحل هي ملقحات غير فعالة ولا تؤثر على تدفق المورّثات بين المحاصيل. ومع ذلك، لنضع في الاعتبار مثالاً افتراضياً تكون فيه زيارات النحل مسؤولةً عن نقل، في المتوسط، ٥٠٠ من حبوب اللقاح من أصل

١٠٠٠ حبة لقاح تتراكم على ميسم كل زهرة. وإذا كانت ٥٠٠ حبة لقاح كافية لضمان عقد الثمار الكاملة، فإن الاستغناء عن زيارات النحل ليس لها أي أثر على المحصول، ولكن النحل مع ذلك يقوم بتلقيح نصف البويضات، على افتراض أن إسهام حبوب اللقاح في إخصاب البويضات يتناسب مع تمثيلها في الميسم. وفي الواقع، يمكن أن يكون النحل مسؤولاً عن إخصاب جميع البويضات إذا تمت آليات التلقيح الأخرى في وقت متأخر وهو ما يعرف بمثابة "إخصاب ذاتي متأخر" (Lloyd and Schoen, 1992). ولذلك فإن عدم وجود علاقة بين محصول البذور ووفرة النحل قد يشير إلى أن الاختلاف في الإنتاج ليس الطريقة المناسبة لتقيّم إسهام الملقحات في أصل وذرية البذور وتدفق المورّث. وبدلاً من تحليل تأثير وفرة النحل على غلة البذور، نحتاج لتحديد إسهام النحل في إخصاب البويضات، وبالتالي إلى تدفق المورّث. والسؤال هنا، كيف يمكن تحقيق ذلك؟

وأُقدم هنا طريقتين من الطرق الممكنة للكشف عن أهمية تلقيح النحل في أصل ونسب البذور في المجال الزراعي. كلتاهما يتطلب تحديد معدل نموذجي لتراكم حبوب اللقاح على ميسم الزهرة (الشكل ١١,٢). ولتحقيق ذلك، تم تعليم مجموعات من الأزهار قبل تفتحها وتم تدوين وقت تفتح كل زهرة. ثم تم أخذ عينات عشوائية من الأزهار على فترات، وتم عدّ كمية حبوب اللقاح التي تراكمت على ميسم كل زهرة. على افتراض أن يزيد تراكم حبوب اللقاح خطياً مع الوقت (شكل ١١,٢أ)، ويمكن التعبير عن معدل تراكم حبوب اللقاح المقدر بالرمز P_B حبة لقاح/ساعة.

وتنطوي الطريقة الأولى في تقدير أهمية تلقيح النحل على الجمع بين قياسات وفرة النحل والنشاط والفعالية لكل زيارة من أجل تقدير معدل تراكم حبوب اللقاح الناتج عن زيارات النحل ونرمز لها بالرمز P_B حبة لقاح/ساعة. وقد اقترح مؤلفان مختلفان تقييم أهمية التلقيح بقياس فعالية أنواع الحشرات عن طريق حساب ناتج معدل زيارة الحشرة للزهرة مضروباً بكمية حبوب اللقاح التي تنقلها الحشرة في كل زيارة

(Beattie, 1971 and Primack and Silander, 1975)، وقد قمت بملاءمة ذلك كما هو موضح بالمثال التالي: لنفترض أن المشاهدات أوضحت بأن كثافة أحد أنواع النحل الخاص من الأفراد B/م٢، وأن متوسط معدل زيارة الأزهار هو H/1 زهرة لكل ساعة. وكثافة الأزهار في الحقل هي F/م٢. والتجارب التي أجريت على الأزهار التي لم تتم زيارتها مسبقاً (عذراء) أوضحت بأن زيارة النحل الواحدة تُوْدع على ميسم الزهرة كمية تعادل G من حبوب اللقاح. فإن معدل تراكم حبوب اللقاح المقدر على ميسم الزهرة والناتج عن نوع النحل يساوي:

$$P_B=BG/FH \quad (٢-١١)$$

وبعد ذلك يمكن مقارنة معدل تراكم حبوب اللقاح الناتج عن أحد أنواع النحل في ميسم الزهرة مع المعدل العام أو الكلي لتراكم حبوب اللقاح على الميسم (P_T). وإذا افترضنا أن المساهمة تعتمد على نسبتها من مجموع حبوب اللقاح الكلية على الميسم، فإن القيمة النسبية لمعدل تراكم حبوب اللقاح P_B و P_T تحدد أهمية مساهمة النحل في تحديد أصل البذور أو نسل البذور. وبالتحديد فإن أهمية النحل بالتلقيح توضَح بنسبة البذور التي تم تلقيحها بهذا النوع من النحل (I_B) والذي يمكن تقديره كالتالي:

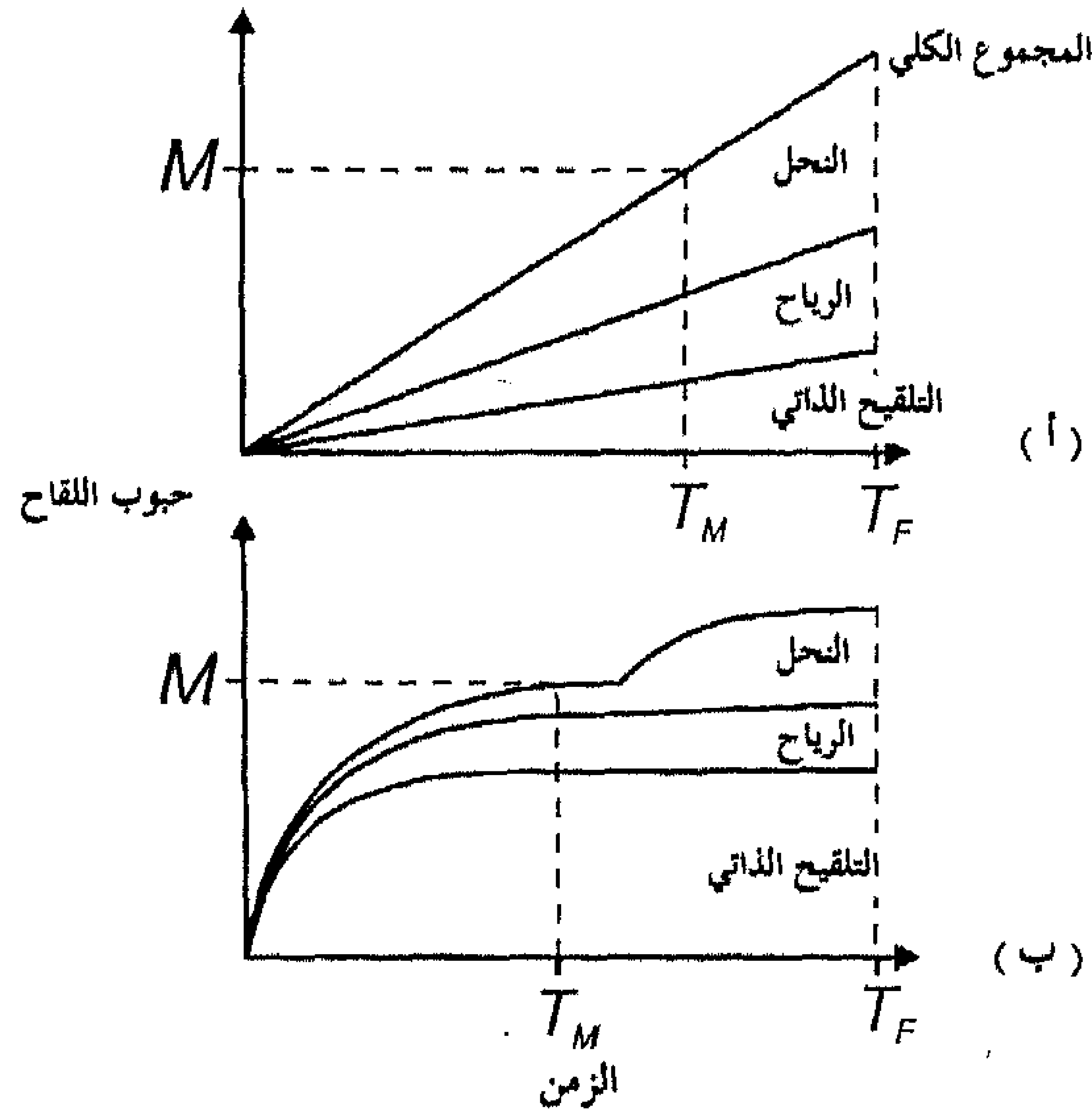
$$I_B=P_B/P_T \quad (٣-١١)$$

وتنطوي طريقة ثانية لحساب I_B على تقدير معدل تراكم حبوب اللقاح على الزهور التي يُستبعد النحل من زيارتها. ويمكن استبعاد النحل من الزهور إما باستخدام الأقفاص أو عن طريق تثبيط زيارات النحل من خلال جعل الأزهار غير جاذبة للنحل من خلال قص أو إزالة ألوان البَتلات، الذي يجنبنا إزعاج بناء الأقفاص وتراكم حبوب اللقاح في الأقفاص الصغيرة الناتجة عن احتكاك الأزهار بجدران القفص. ويجب فحص فعالية أساليب إعاقة زيارات الملقحات للأزهار، ومع ذلك، فإن النحل قد يزور الزهور المُعَدلة في بعض الحالات (Pierre et al, 1996).

وإذا رُمز لمعدل تراكم حبوب اللقاح في الأزهار التي ُيستبعد منها النحل P_{notB} حبة لقاح/ساعة (الشكل ١١,٢)، فإن أهمية النحل في تلقيح محصول ما يمكن أن تُحسب كما يلي:

$$I_B=1-(P_{NOTB}/P_T) \quad (١١-٤)$$

لتوضيح هذا النهج، انظر في البيانات التالية التي تصف التلقيح بواسطة النحل الطنّان في أحد حقول الزراعة التقليدية لنبات الكانولا *B. napus* في المملكة المتحدة في نيسان "أبريل". وقدر (Cresswell and Hayter, 2006) تجريبياً القيم المُعلمة التالية B=٠,٠٠٣، H/1= ١٢٠٠، F= ١١٥٠، وقُدرت G من قبل (Cresswell, 1999) بحوالي ١٥٠. ولذلك، P_B =٠,٤٧ (المعادلة ١١-٢). وقدّر (Hayter and Cresswell, 2006) معدل تراكم حبوب اللقاح من قبل الزهور بحوالي ١,٤ حبة لقاح/ساعة خلال فترة يوم كامل، ولكن على افتراض أن التلقيح يحدث لمدة ١٠ ساعات كل يوم، وبالتالي يكون الناتج ٣,٤ = (٢٤/١٠) ١,٤X= P_T واستناداً إلى هذه الأرقام فإن I_B=١٤٪ (المعادلة ١١-٣) وعند تغيّب أثر الملقحات وإخراجها من المعادلة في نفس الدراسة يتضح بأنه عند وفرة منخفضة من الملقح فلا يوجد للنحل أي أثر ملموس إحصائياً في معدل تراكم حبوب اللقاح (Cresswell and Hayter, 2006) مما يعني أن $P_T = P_{notB}$، وبالتالي I_B=صفر % (المعادلة١١-٤). والتقدير الأخير هو بالتأكيد منخفض جداً، ولكن، يرجع ذلك لمراقبة النحل وجمع البيانات من الحقل. وعلى كل حال، تتفق هذه التقديرات مع أن مسؤولية النحل الطنّان عن إخصاب أزهار حقل نبات الكانولا لا تتعدى (١٤٪) من البذور، ويرجع ذلك إلى ندرة النحل الطنّان بالحقول بالإضافة إلى القدرة العالية لأزهار الكانولا بتلقيح نفسها ذاتياً.

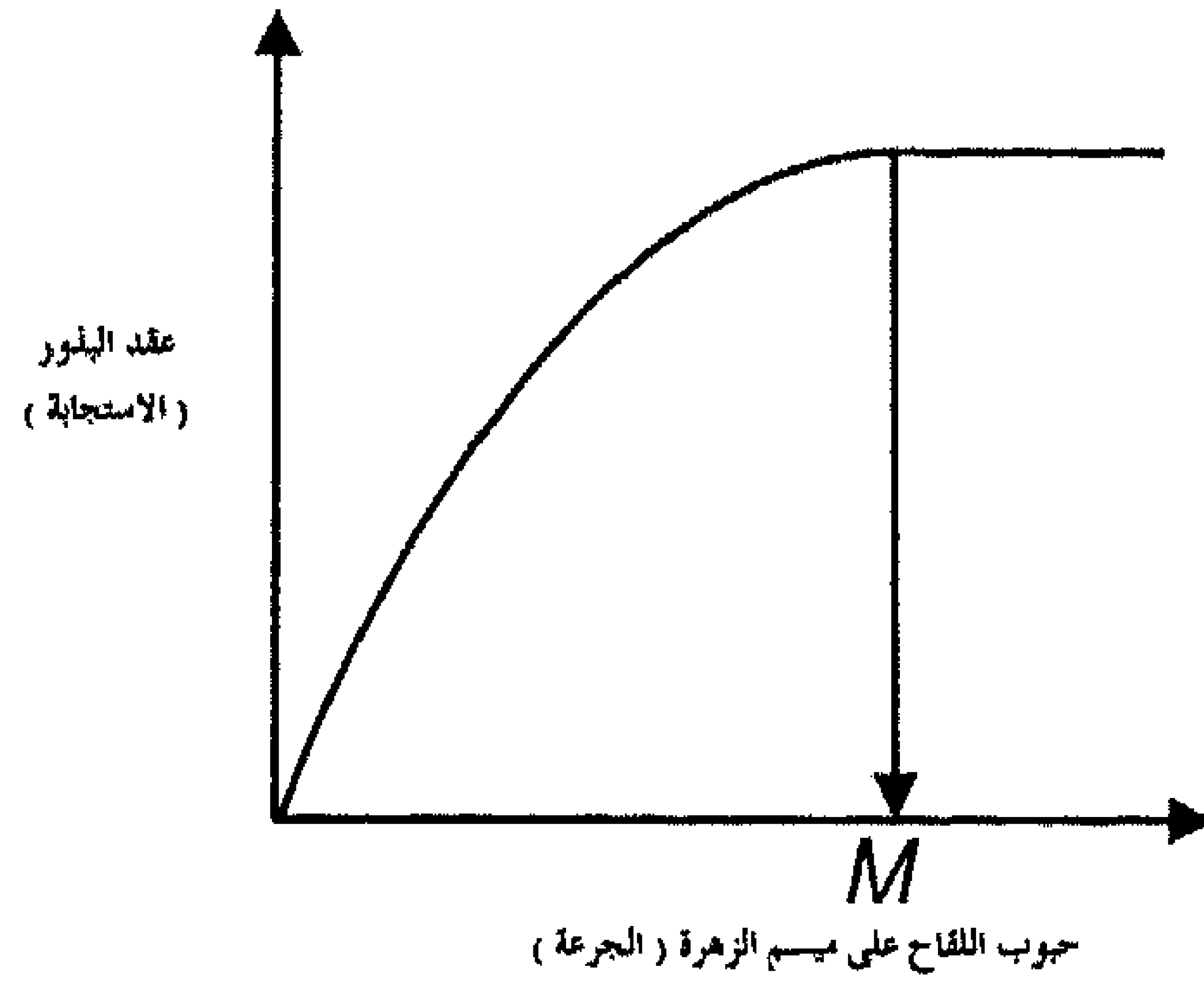


الشكل (١١,٢). منحنيات تراكم حبوب اللقاح الافتراضية. ويشير (المحور y) إلى عدد حبوب اللقاح التي تراكمت على ميسم الزهرة. ويشير (المحور x) إلى الفترة التي تتفتح فيها الزهرة (أي بداية تفتح الزهرة يكون الوقت = ٠). ويشير الرمز M إلى العدد الأقصى أو الكامل من حبوب اللقاح اللازمة لعقد كامل للبذور، ويدل الرمز TM على مقدار الوقت اللازم لتجميع عدد من حبوب اللقاح يعادل قيمة M، وتشير TF إلى الوقت الذي تنهي الزهرة تفتحها. وفي الشكل الأعلى (أ)، تتراكم حبوب اللقاح بمعدلات ثابتة لكل وسيلة من وسائل التلقيح. وفي الشكل (ب)، يغلب التلقيح الذاتي خلال فترة الحياة المبكرة للزهرة، ويزيد معدل تلقيح النحل لاحقاً.

وتَستَخدم النماذج المُوصوفة سابقاً (المعادلات ١١-٢-١١-٤) الإسهامات النسبية لتراكم حبوب اللقاح لتقدير الإسهام النسبي لأبوة البذور أو نسبها، وهو الأسلوب الذي قد يتضمن بعض العثرات إذا اختلفت المعدلات النسبية لوسائل التلقيح المختلفة كثيراً مع مرور الوقت. ويجري كل شيء آخر على قدم المساواة، وحبوب اللقاح

التي تصل في أقرب وقت على الميسم هي الأكثر احتمالاً لتخصيب البويضات. وقد تجد حبوب اللقاح التي تصل في وقت لاحق بأن البويضات قد تم إخصابها بواسطة حبوب اللقاح التي وصلت حتى قبل ٣٠ دقيقة فقط (Snow, et al., 2000). وإذا وصل تراكم حبوب اللقاح بسرعة إلى المستوى المطلوب لعقد البذور الكامل في اليوم الأول أوحتى في الساعة الأولى من تفتح الزهرة قد تكون حاسمة في تحديد النجاح النسبي للأساليب المختلفة للتلقيح. لذلك، فإن نمط التلقيح الذي يسود خلال الساعات المبكرة من فترة تقبّل الميسم لحبة اللقاح قد يحوز على جزء من إخصاب البويضات لا يتناسب مع الإسهام في تراكم حبوب اللقاح النسبي لها. وعلى سبيل المثال، إذا حدث "إخصاب ذاتي مسبق" (Lloyd and Schoen, 1992) في زهرة ما، ويعني ذلك أن يحدث التلقيح الذاتي في الزهرة قبل تفتحها، مما يعني أن التلقيح الذاتي يسود في تحديد أبوة البذور حتى ولو كانت نسبة حبوب اللقاح المتراكمة بهذه الطريقة صغيرة جداً. وبالمثل، إذا كان أحد أنواع الملقحات نشطاً بشكل خاص عند بداية تفتح الأزهار وربما في وقت مبكر من اليوم، فيمكن لنشاطه التلقيحي أن يسهم إسهاماً غير متناسب في تحديد أصل ونسب البذور. ويمكن لهذه المضاعفات أن تُكشف بسهولة باستخدام دراسة استقصائية لتراكم حبوب اللقاح، كما هو موضح سابقاً. ومع ذلك، يجب أن تُجمع الزهور تكراراً بما يكفي بعد التفتح للكشف عن أي علاقة غير خطية في تراكم حبوب اللقاح (الشكل ١١,٢ب).

إحدى الطرق للبدء في تحديد النطاق الزمني الأكثر ملاءمة لدراسة تراكم حبوب اللقاح، هي أولاً تحديد العلاقة بين الجرعة من حبوب اللقاح والاستجابة في عقد البذور بالزهرة (Schiffhauer and Cane, 2003)، (الشكل ١١,٣). وإذا دل الرمز M على العدد الأدنى لحبوب اللقاح اللازمة لعقد البذور الكامل (الحد الأقصى من البذور)، ومن ثم فإن المدى من الوقت الأكثر ملاءمة لدراسة تراكم حبوب اللقاح هو T_M، وهو الوقت الذي يستغرقه الميسم لتراكم كمية M من حبوب اللقاح.



الشكل (١١,٣). علاقة افتراضية بين عدد حبوب اللقاح التي تراكمت على ميسم الزهرة (الجرعة: محور x) وعدد البذور التي تم عقدها في الزهرة (الاستجابة: محور y). ويدل الرمز M على العدد الأدنى لحبوب اللقاح اللازمة لعقد البذور الكامل (الحد الأقصى).

تقدير تدفق المورّث من حقل إلى حقل بوساطة النحل

إن إظهار أهمية النحل كمُلقحات للمحصول هو أمر ضروري، ولكن غير كاف، لتوريطها كعوامل لتدفق المورثات وانتقالها من المحاصيل المُعدلة وراثياً. وفي هذا الجزء، أقوم بمناقشة وتحليل محددات مستويات التلقيح الخلطي وتدفق المورّث من حقل إلى آخر.

تعني سرعة الطيران العالية للنحل كبير الحجم، مثل النحل الطنّان ونحل العسل، من المُرجح أن تلقح الحقول التي تُفصل عن بعضها البعض ببضع عشرات من الأمتار خلطياً وبشكلٍ معنوي خلال طيران النحل (Morris et al., 1994). ومع ذلك، يمتلك النحل الكبير أيضاً مدى طيران يمكنه من الطيران إلى الحقول البعيدة خلال رحلة طيران واحدة وبالتالي نقل حبوب اللقاح عبر المناطق الزراعية. ولا يوجد، مع ذلك، أدلة كافية لتحديد فيما إذا كانت الرحلات بين الحقول متكررة بما فيه الكفاية لتساهم إسهاماً مهماً في انتشار المورّثات. ويُوجَه معظم نحل العسل السارح على الأرجح إلى موقع الغذاء (المكافأة) من خلال رقصات النحل، ويبدو من المرجح أيضاً أن العديد من الأفراد

ستزور موقعاً وحيداً قبل العودة إلى الخلايا. ويستخدم النحل الطنّان المبادرة الفردية للسروح وجمع الغذاء، ولكن العديد من الدراسات على النحل الطنّان الذي تم تعليمه بعلامات، أظهرت أن الأفراد ترجع إلى نفس بقع النباتات خلال رحلات البحث عن الطعام المتعاقبة (Osborne and Williams, 2001)، على الرغم من أنها قد لا تُقيّد نفسها بهذه المواقع. وأعرف فقط دراسة واحدة نُشرت سابقاً تتعلق وتوضح انتقال النحل الطنّان من حقل إلى حقل، ولكن تمت فقط في أيام متعاقبة. ولقد وجد Kreyer وزملاؤه (2004) أن حوالي ٥٪ من النحل الطنّان الذي وجد وتم تعليمه في حقل لنبات الفاصولياء (*Phacelia tanacetifolia*) قد وجد في وقت لاحق سارحاً في حقل آخر يبعد ٦٠٠ متر عن حقل الفاصولياء. وباختصار، يبدو أن التلقيح الخلطي بواسطة النحل ممكن بين الحقول التي تبعد بضع عشرات من المترات عن بعضها البعض، ولكن أهميتها في الحقول التي تبعد مئات أو آلاف الأمتار عن بعضها البعض غير واضحة حتى الآن.

وتنتقل المورثات في المحاصيل المُعدلة وراثياً (GMO) من حقل إلى حقل عن طريق التلقيح الخلطي والذي يحدث عندما يترك النحل حقلاً لنباتات مُعدلة وراثياً ومن ثم يزور الزهور في الحقول التقليدية (غير المُعدلة وراثياً Non-GMO)، حاملةً معها حبوب اللقاح المُعدلة وراثياً. ومنطقياً، فإن كمية حبوب اللقاح المُعدلة وراثياً التي تنتقل للزهور في الحقول التقليدية تزداد مع عدد النحل التي تصل مع حبوب اللقاح المُعدلة وراثياً ومع كمية حبوب اللقاح التي تجلبها كل نحلة. ومع ذلك، فعندما تقوم النحلة بالسروح في الحقل التقليدي، تُستنفد حمولتها من حبوب اللقاح المُعدلة وراثياً ويتم تخفيفها وانخفاض تواجدها ضمن مجموعة حبوب اللقاح التي تتواجد على مياسم أزهار النباتات في الحقل التقليدي (الشكل ١١,٤). ولذلك ، فإن الكمية النسبية لحبوب اللقاح المُعدلة وراثياً في حقل الزهور التقليدية، والتي تُحَدِد بالنهاية نسبة البذور المُعدلة وراثياً، تتناسب عكسياً مع الكمية الإجمالية لحبوب اللقاح التي تم نقلها بواسطة كل نحلة خلال رحلة البحث عن الطعام في الحقل التقليدي. بالمقابل تُحَدَدَ

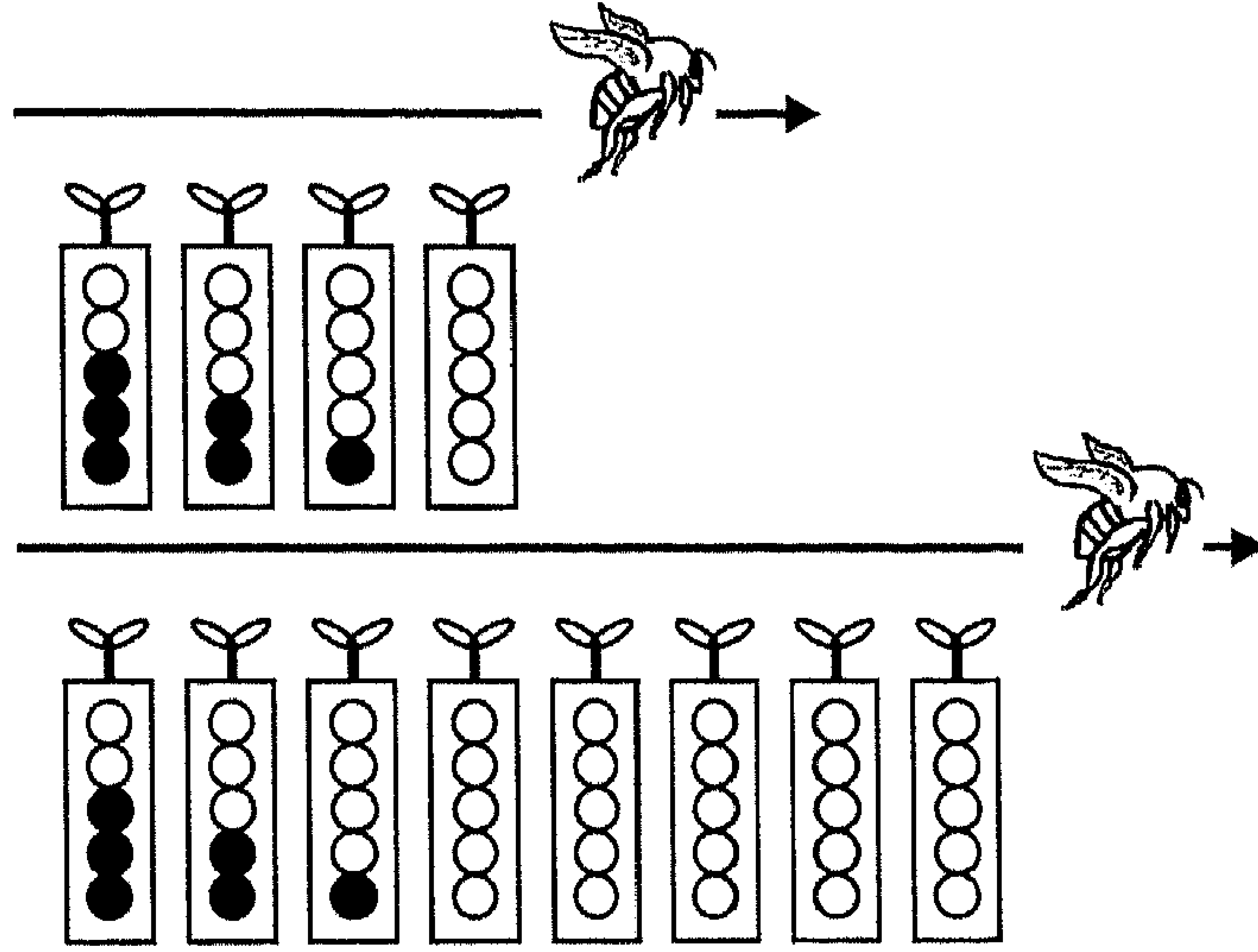
نسبة البذور المُعدلة وراثياً في الحقول التقليدية من خلال النسبة بين عدد الثمار التي تُخصب من نحلة تحمل حبوب لقاح مُعدلة وراثياً لدى وصولها إلى الحقل التقليدي مقابل العدد الإجمالي للثمار التي تُخصبها النحلة خلال زياراتها في ذلك الحقل (الحقل التقليدي). وهذه النسبة تُحَدِدْ وبشكلٍ كمي مستوى تدفق المورّثات بواسطة النحل بين مجتمع المصْدر (المُعَدَل وراثياً) والمجتمع المستقبِل (الحقل التقليدي).

واقترح Cresswell Osborne و Bell (2002) للنباتات التي تُلقح حصراً بواسطة النحل، بأن نسبة عقد البذور التي يمكن أن تحوي المورثات المنقولة من النباتات المعدلة وراثياً لنباتات المحاصيل التقليدية يمكن أن تُقدر على النحو التالي :

$$E_{GM} = E\psi/b \qquad (٥-١١)$$

عندما تُخْصِب كل نحلة تصل إلى الحقل التقليدي من الحقل المُعدل وراثياً عدداً من الثمار يعادل ψ مع أبوة أو أصل من النباتات المُعدلة وراثياً لكل الزهور التقليدية التي يتم إخصابها والتي تعادل b زهرة مع اعتبار أن النسبة E يُعبر عن نسبة مجموعة النحل في الحقل التقليدي والتي تصل مباشرةً من حقل النباتات المُعدلة وراثياً (حاملةً للمورثات المنقولة).

وحتى الآن تم قياس قيمة ψ و b معاً لعلاقة واحدة بين الملقح والنبات، النحل الطنّان ونبات الكانولا (Cresswell et al., 2002 and cresswell, 2005)(*B. napus*)، وقد حُددت القيم ψ≅١ و b≅٦٠٠. ووجدت قيمة ψ بشكل ثابت للنحل الطنّان الذي يلقح نباتات الكانولا (*B. napus*) عبر جداول مُختلفة على نطاق واسع لزيارات الملقحات، ويبدو بالتالي أن تكون هذه هي السمة الأساسية للعلاقة بين النحل الطنّان ونباتات الكانولا (Cresswell and Hoyle, 2006). وفي الحالة الأكثر تطرفاً والتي تَحمل فيها كل أفراد النحل القادمة حبوب لقاح معدلة وراثياً، مما يعني أن E=1، وبحل المعادلة (١١-٥) تكون نسبة البذور التي تحوي مورثات منقولة من النباتات المعدلة وراثياً تعادل $E_{GM=0.2\%}$.



الشكل (١١,٤). تخطيط توضيحي للنموذج في المعادلة (١١-٥)، والذي يصف تبعات لأبوة بذور الزهرة للنحلة التي تصل وتزور الأزهار في حقل النباتات التقليدي (غير المُعدلة وراثياً) حاملةً لحبوب لقاح من حقل لنباتات مُعدلة وراثياً. ويوضح الشكل تأثير عدد الزهور التي تُلقَح خلال رحلة طيران واحدة في الحقل التقليدي (غير المُعدلة وراثياً) (b)، على النسبة العامة للبذور المُعدلة وراثياً (E) وبعمل مخطط افتراضي لرحلتي طيران لزيارة الأزهار، مع نوبة طيران أقصر في الجزء العلوي من الشكل. حيث يمثل كل مستطيل مستقيم الثمرة لزهرة واحدة في الحقل غير المُعدل وراثياً، مع بذورها المتكونة والتي تُمثَل بواسطة الدوائر. وتُمثل الدوائر السوداء (●) البذور مع أبوة من نباتات مُعدلة وراثياً، وتمثل الدوائر المفتوحة (o) البذور غير المُعدلة وراثياً الناتجة عن نقل حبوب اللقاح ضمن الحقل التقليدي. ويدل ψ في المعادلة (١١,٥) على كمية البذور المُعدلة وراثياً والتي تنتج عندما تقوم نحلة تحمل المورثات المنقولة بإخصاب عدد من الأزهار b، ويعني ذلك، العدد الإجمالي للثمار كاملة البذور مع أبوة من نباتات مُعدلة وراثياً. وكما هو ملاحظ فإن عدد البذور الحاملة للمورثات المنقولة في الحقل الافتراضي العلوي أو السفلي متساوٍ. وتشير هذه النتائج إلى أن التلقيح الخلطي بواسطة النحل بين الحقول الزراعية قد يؤدي إلى انتقال المورثات في بذور المحاصيل التقليدية بمعدل لا يزيد عن جزء بالمئة. وإلى أي مدى يمكن تعميم هذه النتائج على المحاصيل الأخرى المُلقَحة بالنحل؟

وإمكانية التهجين المُحتملة الناتجة عن العلاقة بين النبات والملقحات، ψ ، وهي العدد الأقصى للثمار التي تُخْصب بواسطة الملقحات في الحقل التقليدي من حبوب لقاح من حقل النباتات المُعدلة وراثياً. مع الافتراض أن الملقح قام بزيارات كافية في حقل النباتات المُعدلة وراثياً لتصبح محملةً بالكامل بحبوب اللقاح المُعدلة وراثياً، وقيمة ψ، سيتم تحديدها على سبيل المثال، بقدرة النحل على حفظ حبوب اللقاح على جسمها في وضع يتناسب مع استقبالها والحصول عليها من قبل الأعضاء الجنسية للزهور ومن قُدرة الملقح في تنظيف أجزاء جسمه أثناء الطيران. في نبات الكانولا *B. napus*، فإن إمكانية التهجين من خلال النحل الطنّان هي ψ ≅ ١، مما يعني أن النحلة الواحدة التي تنتقل بين الحقول تصل لحقل النباتات التقليدية مع القدرة على تخصيب ثمرة واحدة بشكل كامل من حبوب اللقاح الغريبة. وتلقح زهرة الكانولا نفسها ذاتياً ببطء؛ لأن مُتَك الزهرة يتفتح تدريجياً فقط (Bell and Cresswell, 1997)، ولذلك من المرجح أن يكون التهجين (ψ) أكبر في نباتات الكانولا عنه في الأنواع النباتية التي تقوم سريعاً بالتلقيح الذاتي المستقل، مثل نبات العصفر. وعلاوةً على ذلك، فإن التناسب والملاءمة المثالية بين جسم عاملة النحل الطنّان وتركيب الأعضاء التناسلية لزهرة نبات الكانولا التي تقوم النحلة بتلقيحها (Cresswell, 2000) يشير إلى أن أنواع النحل الأخرى من غير المرجح بأن تكون ملقحات متفوقة جداً ذات قيمة أعلى لنسبة التهجين ψ. وهكذا، وعلى الرغم من عدم إمكانية تعميم النتائج المتعلقة بقيمة نسب التهجين بثقة إلا بعد إجراء دراسات لاحقة، يبدو من الواضح أن المحاصيل الأخرى ستمتلك قيمة لنسبة التهجين (ψ) أقل أو تساوي واحداً (١) (ψ≤١).

والمدى الذي يتم فيه تخفيف تركيز حبوب لقاح مُعدلة وراثياً بحبوب لقاح النباتات التقليدية يُعبر عنه من خلال قيمة (b) والتي يمكن أن تُقدر اعتماداً على العدد المتوقع من الزهور التي تقوم النحلة بزيارتها خلال رحلة السروح في الحقل التقليدي. وللأسف، فإن قيمة b نادراً ما تم قياسها في الحقول الزراعية. وتستند التقديرات التقريبية الممكنة على

قدرة النحل على جمع الرحيق بالنسبة إلى حجم الرحيق في الزهرة. وعلى سبيل المثال، في النحل الاجتماعي يقدر حجم معدة عاملة نحل العسل بحوالي ٣٠ ميكرولترا (Ribbands, 1953)، وحوالي ٨٠ ميكرولترا في النحل الطنّان (Heinrich, 1979). وإجمالي إنتاج الرحيق اليومي للكثير من الزهور التي يتم تلقيحها بواسطة النحل أقل من عدة ميكروليترات (Heinrich, 1979). ويعتبر النحل ملقحاً مهماً عندما تكون زياراته للأزهار متكررة، وفي هذه الحالة من المحتمل أن يُستنزف الرحيق وقد تحتوي الزهرة عندئذ على جزء بسيط من الميكروليتر. وفي مثل هذه الحالة، سوف تكون قيمة b كبيرة بالمقابل، على افتراض أن شغالات النحل السارحة تملأ بطونها بشكل كامل بالرحيق. والعديد من الملاحظات تدعم هذا الاقتراح. سجل Bateman (1947) أربعمائة رحلة متتالية من قبل نحل العسل في أحد حقول الفجل (*Raphanus sativus* L.)، مما يعني أن ٤٠٠≥b. ولنحل العسل التي تقوم بالسروح في أحد حقول البرسيم البيضاء (*Trifolium repens*) ولقد حسب Percival (1950)، كما سجل Ribbands (1953) أن النحلة تتطلب ٥٨٥ زيارةً ناجحةً متتاليةً لجمع حمولة كاملة من حبوب اللقاح، ولاحظ Weaver وآخرون (1953) (حسبما ورد في: Ribbands, 1953) أن نحلة العسل تقوم بزيارة ٤٩٤ زهرة بشكلٍ متتال. ولذلك، فمن المرجح أن بقعاً صغيرة فقط من النباتات سوف تكون عرضة لإنتاج البذور ذات نسب عالية من الأبوة الخارجية عند انخفاض قيمة b، أي تأثير تخفيفي صغير (Cresswell and Osborne, 2004).

واحتمالية وصول نحلة تحمل حبوب لقاح معدلة وراثياً إلى الحقول التقليدية تُقدر بحساب قيمة E، عامل الانتقال. ويُقدر هذا العامل من خلال نسبة النحل التي تصل إلى الحقول التقليدية من الحقول المُعدلة وراثياً. وقد بُرهن حتى الآن على استحالة تقدير قيمة E على نطاق مناسب للمناطق الزراعية. وتعيق سرعة النحل في الطيران المراقبة المباشرة للنحل. ويطير النحل الطنّان، على سبيل المثال، ٧ متر/ثانية، ولذلك، من الصعب متابعتها بواسطة العين لمسافة كبيرة. ويقوم النحل، مع ذلك، باتخاذ مسار مباشر

لرحلات بعيدة المدى، وهذا ما يفسر مصطلح الخط المباشر، والذي يعبر عن وجود طريق غير مشروط. ويمكن لاتجاه طيران النحل السارح عند مغادرته للخلية أن يعطي مؤشراً لمكان سروح الحشرة المقصود (Ramsay et al., 2003). إذا كان اتجاه الانطلاق من حقل النباتات المعدلة وراثياً يتوافق مع البوصلة باتجاه حقل الزراعة التقليدية، فقد يعني هذا احتمال التلقيح الخلطي بين حقل النباتات المُعدلة وراثياً والحقل الآخر. ومع أن ذلك قد يشير إلى أن صفر< E، فإنه لا يستطيع القيام بأي تقدير أبعد من ذلك. ويمكن لرادار مناسب أن يتتبع بدقة عالية تحركات أعداد صغيرة للنحل بشكل فردي أثناء سروحها في المناطق التي تصل إلى ٥٠٠ متر من مصدر الرادار (Osborne et al., 1999)، ولكن هذا الأسلوب لا يحدد أيضاً أصول ومصادر تلك المجموعات النحلية عند وصولها إلى الحقل، وبالتالي لا تُساعدنا في تقدير وقياس قيمة E. وفي الوقت الحاضر، لا توجد تقديرات تجريبية لقيمة E، والدراسات التي استخدمت نموذج المعادلة (١١-٥) قامت بحساب القيمة في "أسوأ حالة" فقط E=١ (Cresswell, et al., 2000). ومع ذلك، قد يكون من الممكن تقدير E نظرياً (Hoyle and Cresswell, 2007).

ويجب تعديل المعادلة (١١-٥) إذا كانت الكثافة النحلية ليست كافية لضمان زيارة واحدة لكل زهرة. وإذا حصل فقط جزء من أزهار الحقل التقليدي على زيارة واحدة (يعني R <1؛ انظر المعادلة ١١-١) فإن نسبة البذور المُعدلة وراثياً بسبب النحل يمكن قياسها كالتالي:

$$E_{GM} = R(E\psi/b) \qquad (١١-٦)$$

في حقل زراعي من نباتات الكانولا (*B. napus*) في المملكة المتحدة خلال شهر نيسان "أبريل"، كانت الكثافة النحلية شحيحة وهي الحالة التي تكون فيها R مثلا تساوي ٠,١ (Hayter and Cresswell, 2006). وبافتراض أن E=١ في المعادلة (١١-٦)، فإن الحد الأقصى الممكن لتدفق المورّثات بواسطة النحل الطنّان هي E_{GM}= ٠,٠٢٪ .

وإذا وصلت حبوب اللقاح المُعدلة وراثياً بوسائل أخرى، مثل التلقيح عن طريق الرياح، فإن النسبة الإجمالية للبذور مع أصول مُعدلة وراثياً قد تتجاوز قيمة E_{GM} ، ولكن عندما تكون الكثافة النحلية قليلة جداً (أي ليس كل الزهور تستقبل زيارة نحلية، $R<1$)، فاعتماداً على المعادلة (١١-١) ويمكن أن نكتب:

$$E_{GM} = (LB/FH)(E\psi/b) \quad (١١-٧)$$

وفي هذه الحالة، فإن احتمالية أن يقوم النحل بنقل المورّثات المُعدلة وراثياً يرتبط ارتباطاً عكسياً مع الكثافة الزهرية في الحقل (F)، لأن زيادة الكثافة الزهرية تُقلل من فرص الأزهار في تلقي زيارات النحل، وترتبط ارتباطا طردياً مع مدة تفتح الزهرة (L) وذلك لأن طول عمر الزهرة يزيد من فرصة التعرض لزيارات النحل.

الآثار المُترتبة على احتجاز المحاصيل المُعدلة وراثياً والتي تلقح بواسطة النحل

ينبغي أن نقّيم الأهمية المحتملة للنحل باعتباره تهديداً لحجز المحاصيل المُعدلة وراثياً على أساس كل حالة على حدة، ولكن أعتقد أنه من غير المحتمل في كثير من الحالات أن يُسبب النحل مستويات عالية للنقل الوراثي في الحقول الزراعية الواسعة لأصناف المحاصيل التقليدية المتنوعة، ويرجع ذلك إلى ثلاثة أسباب: (١) أنه من الممكن لملايين الزهور في الحقول الزراعية الكبيرة بأن تُحقق حالة الإشباع للنحل المُتاح؛ (٢) حتى عندما تكون الزيارات إلى الزهور بواسطة النحل شائعة، تقل أهمية التلقيح بواسطة النحل بسبب تنافس طرق التلقيح الأخرى التي يرجح بأن تكون فعالة في المحاصيل المخصصة للإنتاج، على سبيل المثال، المحاصيل ذاتية التلقيح؛ (٣) وحتى لوكان النحل يتنقل كثيراً بين الحقول التقليدية والمُعدلة وراثياً، فإن التلقيح الخلطي بين الحقول بواسطة النحل، من المرجح أن يُنتج مستويات منخفضة لتدفق المورّث شريطة أن يزور النحل، في المتوسط، عدداً كبيراً من الزهور خلال رحلته بالحقل.

والتوصيات لتحسين الحجز في المحاصيل المُعدلة وراثياً والتي تُلقح بواسطة النحل استناداً على هذه الاستنتاجات هي على النحو التالي : تعمل الأزهار التي تُلقِح نفسها ذاتياً على خفض نسبة البذور التي تُخصب بواسطة النحل. ويمكن لمربي النبات استهداف الصفات الزهرية التي تعمل على تحسين سرعة التلقيح الذاتي المستقل لمواصلة عزل البذور من الأصناف الزراعية التقليدية عن حبوب اللقاح الغريبة. وعندما يكون تواجد النحل نادراً، تقل أهمية التلقيح بواسطة النحل كلما زادت كثافة الزهور وقصر عمر الزهرة. ويمكن للمزارعين السيطرة على كثافة الأزهار بتعديل مسافات الزراعة، كما يستطيع مربو النباتات أن يتعاملوا مع طول عمر الزهرة. ويوجد إستراتيجيتان إضافيتان من الإستراتيجيات المُمْكنة الأخرى ذات الصلة بتلقيح النحل يمكن أن تسهما في حجز النباتات المُعدلة وراثياً، ولكن مستوانا الحالي من المعرفة غير كاف لتوضيح قيمتها.

أولاً، إنه من الممكن نظرياً ضبط معدل إنتاج الرحيق للمحصول، وذلك لأنها سمة وراثية. وإذا تحقق انخفاض إنتاج الرحيق بواسطة الزهور في الحقول التقليدية، فإنه يجب على النحل زيارة عدد أكبر من الأزهار لجمع كمية الرحيق الكافية للوصول إلى حالة الإشباع، والذي من شأنه أن يزيد من قيمة العامل b، وبالتالي الحد من قيمة E_{GM}" نسبة البذور التي تحتوي على أُبوة أجنبية" (المعادلة ١١-٥). ولكن، قد تؤدي مستويات الرحيق المنخفضة إلى خروج النحل من الحقل واستكشاف حقول أخرى، مما يقلل من قيمة b ويزيد من قيمة E_{GM}. كما أن الأثر المحتمل لزيادة إنتاج الرحيق في الحقول التقليدية على قيم E_{GM} غير مؤكد على حدٍ سواء. وقد يسبب مستوى إنتاج الرحيق الأعلى في الأزهار إلى تقليل عدد الأزهار التي سيقوم النحل بزيارتها قبل الوصول إلى سعة الجمع القصوى، وبالتالي خفض b وزيادة E_{GM}. وبدلاً من ذلك يمكن لمستويات رحيق أعلى في الحقول التقليدية أن تحفز وتحصر سروح النحل وبشكل كبير في ذلك الحقل، مما سيقلل من قيمة E، وبالتالي تقليل E_{GM} . ولذلك فإنه من غير

الممكن مواصلة تقييم هذه الفرص إلا عندما نزيد من معرفتنا عن العلاقة بين مكافآت الأزهار وحركات وطيران النحل في المناطق الزراعية.

وثانياً، من الممكن نظرياً إعادة تشكيل توليفة الملقحات المتوفرة في منطقة ما. ومن أكثر الأساليب جدوى لتحقيق ذلك، زيادة وفرة نحل العسل بالقرب من الحقول التقليدية من خلال إحضار خلايا النحل المرباة. وإذا أظهر نحل العسل خصوصيةً (ولاءً) في تلقيح حقل النباتات غير المُعدلة وراثياً في كامل رحلات السروح، فسوف تزيد عمليات التلقيح داخل الحقل نفسه، وبالتالي عزل الحقل عن حبوب اللقاح الأجنبية. ومع ذلك، لم تُحَدَّد صفة ولاء نحل العسل للموقع تماماً، ولذلك يعتبر أثر هذا التعديل غير واضح حالياً. علاوة على ذلك، فمن الممكن أن نقل حبوب اللقاح في داخل خلية نحل العسل قد يزيد من انتشار حبوب اللقاح المُعدلة وراثياً (Ramsay et al., 1999).

وعموما، فإن الإستراتيجيات المستندة على البيئة لتحسين حجز المحاصيل المُعدلة وراثياً أقل أهمية من الإستراتيجيات المعتمدة على تقنيات التكنولوجيا الحيوية نفسها (Chapman and Burke, 2006).

برنامج مقترح للبحوث المستقبلية

إن النماذج النظرية التي قُدمت في هذا الفصل تهدف لتعزيز التقدم في فهم أهمية النحل كملقحات في المناطق الزراعية. وعلى وجه الخصوص، فإن العوامل والمعايير التي استُخدمت في هذه النماذج تهدف لتحفيز والبدء في عرض التأثيرات الأساسية على التلقيح وتدفق المورّثات النباتية من خلال العلاقة بين الملقحات والنباتات. علاوة على ذلك، فإن بعض المعايير سهلة القياس. وعلى سبيل المثال، فإن الكثافة الزهرية أو النحلية في وحدة المساحة، وطول عمر الأزهار، ومعدلات السروح هي قيم يسهل تقديرها في الحقل، ويحتمل أن تكون غنية بالمعلومات عن أهمية النحل كملقحات (المعادلة ١١-١). وعلى الرغم من السهولة التي يمكن فيها حساب هذه البيانات كمياً،

فمن الصعب العثور على الدراسات التي يُقدم فيها تقارير وافية عنها. بالإضافة إلى ذلك، نحن بحاجة إلى دراسات أكثر لتحديد قدرة زيارة واحدة من النحلة على نقل حبوب اللقاح وبالتالي عقد البذور. تعتبر دراسة Cane وSchiffhauer (٢٠٠٣) حول تلقيح النحل للتوت البري مثاليةً في هذا الصدد، ويجب الإكثار من الدراسات المشابهة في النظم الأخرى. ومع ذلك، يتطلب الفهم الكامل للعلاقة بين النبات والملقحات التعاون بين علماء الحشرات وعلماء النبات. وقد أُهملت الدراسة الكمية للمنافسة بين وسائل التلقيح المختلفة لفترة طويلة جداً، ويجب الاعتراف بدور نظم تربية النبات والشكل الخارجي للأعضاء الجنسية للزهرة (المعادلتان ١١-٣ و ١١-٤). وأخيرا، على الرغم من أن التنبؤ النظري الدقيق لتدفق المورّثات من حقل إلى حقل أصبح ممكناً (المعادلة ١١-٦)، فإن الصعوبات التقنية لقياس حركات النحل من حقل إلى حقل يجب حلها أو التغلب عليها، ويجب على العلماء أن يعطوا بعض الأهمية لذلك.

المراجع العلمية

Barber, S. (1999). Transgenic plants: Field testing and commercialization including a consideration of novel herbicide resistant rape (Brassica napus L.). In P. J. Lutman (Ed.), Gene flow and agriculture (3-12). Farnham, Surrey, UK: British Crop Protection Council.

Bateman, A. J. (1947). Contamination of seed crops: I. Insect pollination. Journal of Genetics, 48, 257-275. Beattie, A. J. (1971). Pollination mechanisms in Viola. New Phytologist, 70, 343-360.

Belcher, K., Nolan, J., and Phillips, P. W. B. (2005). Genetically modified crops and agricultural landscapes: Spatial patterns of contamination. Ecological Economics, 53, 387-401.

Bell, S. A., and Cresswell, J. E. (1997). The phenology of gender in homogamous flowers: Temporal change in the residual sex function of flowers of oil-seed rape Brassica napus. Functional Ecology, 12, 298-306.

Cane, J. H., and Schiffhauer, D. (2003). Dose-response relationships between pollination and fruiting refine pollinator comparisons for cranberry (Vaccinium macrocarpon [Ericaceae]). American Journal of Botany, 90, 1425-1432.

Chapman, M. A., and Burke, J. M. (2006). Letting the gene out of the bottle: The population genetics of genetically modified crops. New Phytologist, 170, 429-443.

Colwell, R. K., Norse, E. A., Pimental, D., Sharples, F. E., and Simberloff, D. (1985). Genetic engineering in agriculture. Science, 229, 111-112.
Crane, E., and Walker, P. (1984). Pollination directory of world crops. London: International Bee Research Association.
Cresswell, J. E. (1998). Stabilising selection and the structural variability of flowers within species. Annals of Botany, 81, 463-473.
----(1999). The influence of nectar and pollen availability on pollen transfer by individual fl owers of oil-seed rape (Brassica napus) when pollinated by bumblebees (Bombus lapidarius). Journal of Ecology, 87, 670-677.
----(2000). Manipulation of female architecture in flowers reveals a narrow optimum for pollen deposition. Ecology, 81, 3244-3249.
-----(2005). Accurate theoretical prediction of pollinator-mediated gene dispersal. Ecology, 86, 574-578.
Cresswell, J. E., Davies, T. W., Patrick, M. A., Russell, F., Pennel, C., Vicot, M., et al. (2004). The aerodynamics of wind pollination in a zoophilous flower. Functional Ecology, 18, 861-866.
Cresswell, J. E., and Hoyle, M. (2006). A mathematical method for estimating patterns of flower to flower gene dispersal from a simple field experiment. Functional Ecology, 20,245-251.
Cresswell, J. E., and Osborne, J. L. (2004). The effect of patch size and separateness on bumblebee foraging in oilseed rape (Brassica napus): Implications for gene fl ow. Journal of Applied Ecology.
Cresswell, J. E., Osborne, J. L., and Bell, S. A. (2002). A model of pollinator-mediated gene flow between plant populations with numerical solutions for bumblebees pollinating oilseed rape. Oikos, 98, 375-384.
Cresswell, J. E., Osborne, J. L., and Goulson, D. (2000). An economic model of the limits to foraging range in central place foragers with numerical solutions for bumblebees. Ecological Entomology, 25, 249-255.
Damgaard, C., and Kjellsson, G. (2005). Gene flow of oilseed rape (Brassica napus) according to isolation distance and buffer zone. Agriculture Ecosystems and Environment, 108, 291-301.
Darvill, B., Knight, M. E., and Goulson, D. (2004). Use of genetic markers to quantify bumblebee foraging range and nest density. Oikos, 107, 471-478.
Department for Environment, Food and Rural Affairs. (2005). Farm scale evaluations of genetically modified herbicide tolerant crops. http://www.farmscale.org.uk.
Eisikowitch, D. (1981). Some aspects of pollination of oil-seed rape (Brassica napus L.). Journal of Agricultural Science, Cambridge, 96, 321-326.
Ellstrand, N. C., Prentice, H. C., and Hancock, J. F. (1999). Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. Annual Review of Ecology and Systematics, 30,539-563.
Harder, L. D., and Routley, M. B. (2006). Pollen and ovule fates and reproductive performance by fl owering plants. In L. Harder and S. Barrett (Eds.), Ecology and evolution of flowers (61-80). Oxford, UK: Oxford University Press.
Hayter, K., and Cresswell, J. (2006). The influence of pollinator abundance on the dynamics and effi ciency of pollination in arable Brassica napus: Implications for landscape-scale gene dispersal. Journal of Applied Ecology, 43, 1196-1202.

Heinrich, B. (1979). Bumblebee economics. Cambridge, MA: Harvard University Press. Horn, M. E., Woodard, S. L., and Howard, J. A. (2004). Plant molecular farming: Systems and products .Plant Cell Reports, 22, 711-720.

Hoyle, M., and Cresswell, J. E. (2007). A model of patch-to-patch forager movement with application to pollen-mediated gene flow. Journal of Theoretical Biology 248, 154-163.

Hoyle, M., Hayter, K. E., and Cresswell, J. E. (2007). Effect of pollinator abundance on selffertilization and gene fl ow: Application to GM canola (Brassica napus). Ecological Applications, 17, 2123-2135.

Ingram, J. (2000). The separation distances required to ensure cross-pollination is below specified limits in non-seed crops of sugar beet, maize and oilseed rape. Plant Varieties and Seeds, 13, 181-199.

James, C. (2004). Global status of commercialized biotech/GM crops (ISAAA Briefs No. 32). Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.

Knight, M. E., Martin, A. P., Bishop, S., Osborne, J. L., Hale, R. J., Sanderson, A., and Goulson, D.(2005). An interspecific comparison of foraging range and nest density of four bumblebee (Bombus) species. Molecular Ecology, 14, 1811-1820.

Kreyer, D., Oed, A., Walther-Hellwig, K., and Frankl, R. (2004). Are forests potential landscape barriers for foraging bumblebees? Landscape scale experiments with Bombus terrestris Agg. And Bombus pascuorum (Hymenoptera, Apidae). Biological Conservation, 116, 111-118.

Lloyd, D. G., and Schoen, D. J. (1992). Self- and cross-fertilization in plants: I. Functional dimensions. International Journal of Plant Sciences, 153, 358-369.

Lutman, P. J. W. (1999). Gene flow and agriculture. Farnham, Surrey, UK: British Crop Research Council.

Ma, J. K. C., Chikwarnba, R., Sparrow, P., Fischer, R., Mahoney, R., and Twyman, R. M. (2005).Plant-derived pharmaceuticals: The road forward. Trends in Plant Science, 10, 580-585.

McGregor, S. (1976). Insect pollination of cultivated crops: Agricultural handbook 496. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.

Mesquida, J., and Renard, M. (1984). Etude des quantités de pollen déposées sur les stigmates dans différents conditions de pollinisation; infl uence sur la production de graines chez le colza d'hiver male-fertile. Proceedings of the Vth International Symposium on Pollination (Vol. 19, pp. 351-356).Versailles: French National Institute for Agricultural Research.

Morandin, L. A., and Winston, M. L. (2005). Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modifi ed canola. Ecological Applications, 15, 871-881.

Morris, W. F., Kareiva, P. M., and Raymer, P. L. (1994). Do barren zones and pollen traps reduce gene escape from transgenic crops? Ecological Applications, 4, 157-165.

Motten, A. F., Campbell, D. R., Alexander, D. E., and Miller, H. L. (1981). Pollination effectiveness of specialist and generalist visitors to a North Carolina population of Claytonia virginica. Ecology, 62, 1278-1287.

Osborne, J. L., Clark. S. J., Morris, R. J., Williams, I. H., Riley, J. R., Smith, A. D., et al. (1999). A landscape-scale study of bumble bee foraging range and constancy, using harmonic radar. Journal of Applied Ecology, 36, 519-533.

Osborne, J. L., and Williams, I. H. (2001). Site constancy of bumblebees in an experimentally patchy habitat. Agriculture, Ecosystems and Environment, 83, 129-141.

Pierre, J., Pierre. J. S., Marilleau, R., PhamDelegue, M. H., Tanguy, X., and Renard, M. (1996). Influence of the apetalous character in rape (Brassica napus) on the foraging behavior of honeybees (Apis mellifera). Plant Breeding, 115, 484-487.

Poppy, G., and Wilkinson, M. (Eds.). (2005). Gene flow from GM plants. Oxford, UK: Blackwell.

Primack, R. B., and Silander, J. A. (1975). Measuring the relative importance of different pollinators to plants. Nature, 255, 143-144.

Ramsay, G., Thompson, C., and Squire, G. (2003). Quantifying landscape-scale gene flow in oilseed rape. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs.

Ramsay, G., Thompson, C. E., Neilson, S., and Mackay, G. R. (1999). Honeybees as vectors of GM oilseed rape pollen. In P. J. W. Lutman (Ed.), Gene flow and agriculture: Relevance for transgenic crops (57-64). Nottingham, UK: Major Design and Production.

Ribbands, C. (1953). The behaviour and social life of honeybees. London: Bee Research Association. Rieger, M. A., Lamond, M., Preston, C., Powles, S. B., and Roush, R. T. (2002). Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial canola fields. Science, 296, 2386-2388.

Rieger, M. A., Potter, T. D., Preston, C., and Powles, S. B. (2001). Hybridisation between Brassica napus L. and Raphanus raphinistrum L. under agronomic field conditions. Theoretical and Applied Genetics, 103, 555-560.

Ruan, C. J., Qin, P., and Xi, Y. G. (2005). Floral traits and pollination modes in Kosteletzkya virginica (Malvaceae). Belgian Journal of Botany, 138, 39-46.

Scheffl er, J. A., Parkinson, R., and Dale, P. J. (1993). Frequency and distance of pollen dispersal from transgenic oilseed rape (Brassica napus). Transgenic Research, 2, 356-364.

Schmitt, J. (1980). Pollinator foraging behaviour and gene dispersal in Senecio (Compositae). Evolution, 34, 934-943.

Snow, A. A., Spira, T. P., and Liu, H. (2000). Effects of sequential pollination on the success of "fast" and "slow" pollen donors in Hibiscus moscheutos (Malvaceae). American Journal of Botany, 87, 1656-1659.

Visscher, P. K., and Seeley, T. D. (1982). Foraging strategy of honeybee colonies in a temperate deciduous forest. Ecology, 63, 1790-1801.

Walther-Hellwig, K., and Frankl, R. (2000). Foraging habitats and foraging distances of bumblebees, Bombus spp. (Hym., Apidae), in an agricultural landscape. Journal of Applied Entomology, 124, 299-306.

Waser, N. M. (1982). A comparison of distances fl own by different visitors to flowers of the same species. Oecologia, 55, 251-257.

Weekes, R., Deppe, C., Allnutt, T., Boffey, C., Morgan, D., Morgan, S., et al. (2005). Crop-to-crop gene fl ow using farm scale sites of oilseed rape (Brassica napus) in the UK. Transgenic Research,14, 749-759.

الفصل الثاني عشر

المحاصيل المُعدلة وراثياً: الآثار المُترتبة على النحل والتلقيح

Lora A. Morandin

مقدمة

فتحت الهندسة الوراثية لنباتات المحاصيل آفاقاً جديدة وعميقة لتغيير الأنواع إلى مدىً أبعد مما كان مُمكناً مع تربية أو طفرات النباتات التقليدية. وفي الأساس، أصبح مجتمع الحياة بأكمله مصدراً للمورّثات الجديدة للمحاصيل (Chrispeels and Sadava, 2003). وما يرافق إنشاء الأنواع الجديدة من المحاصيل أيضا من تأثيرٍ محتمل على البيئة مفيدة كانت أو ضارة.

وقد أثار إنتاج المحاصيل المُعدلة وراثياً تجاريا، قدراً كبيراً من القلق حول الآثار السلبية التي قد تترتب على الكائنات الحية غير المُستهدفة. والنحل هي إحدى الكائنات الحية غير المُستهدفة التي لديها قيمة بيئية أصيلة ولها فَضْلٌ مباشر على إنتاج المحاصيل من خلال دورها كملقحات أيضاً، مما يجعل التساؤل عن كيفية تأثير المحاصيل المُعدلة وراثياً على النحل مسألة ذات طابع اقتصادي وبيئي من خلال الحفاظ على هذه الملقحات. ولا تُشير التعديلات الوراثية إلى تعديل واحد أو حتى بضعة أنواع من

التعديلات النباتية، وإنما إلى العملية برمتها والتي تُستخدم لإدراج مورّثات جديدة قد تختلف عن بعضها البعض على نطاق واسع من حيث الآثار البيئية التي تُخلفها. وبوضع ذلك في الحسبان، يتضح سبب عدم وجود إجابة بسيطة حول الأضرار المحتملة للمحاصيل المُعدلة وراثياً على النحل أو الكائنات الحية الأخرى.

وقد تم تحسين المحاصيل بشكل منهجي من خلال تربية النبات لأكثر من ١٥٠ سنة سابقة. الأهداف الشائعة لبرامج تربية المحاصيل، هي تحسين قدرة المحاصيل على تحمل الآفات وتحمل الضغوطات غير الحيوية وتحسين الإنتاجية وتحسين عمليات التجهيز والخصائص الغذائية (Beversdorf, 1993)، على الرغم من أن الجوع في العالم قد يكون راجعاً لسوء توزيع المواد الغذائية وعدم المساواة في الوصول إليها بدرجة أكبر من الإنتاج الغذائي بحدِ ذاته (Matsonet al. 1997)، والمزيد من التوسع في الرقعة الزراعية وتحسين الأصناف وتكثيف عمليات الإنتاج هي وسائل لا مفرَ منها (Tilman et al. 2001)، مع توقع زيادة نمو سكان العالم من ٦,٥ مليار في الوقت الحاضر إلى أكثر من ٩ مليارات نسمة بحلول سنة ٢٠٥٠ (مكتب الإحصاء في الولايات المتحدة). وعلى الرغم من الجدل، فإن زراعة المحاصيل المُعدلة وراثياً هي جزء لا يتجزأ من الحاضر والمستقبل للتنمية الزراعية.

والحمض النووي لجميع الكائنات الحية متشابه جوهرياً، ولذلك يمكن تبادل المورثات أو أجزاء منها. وفي السبعينيات من القرن الماضي ظهرت أول الكائنات الحية المعدلة وراثياً، وبدأت في منتصف الثمانينيات من القرن الماضي التجارب الحقلية بنباتات المحاصيل المُعدلة وراثياً. وحتى عام ٢٠٠٤م، كان هناك ١٧ بلداً حول العالم تزرع على الأقل محصولاً واحداً من المحاصيل المعدلة وراثيا. والدول الرائدة في إنتاج المحاصيل المُعدلة وراثياً من حيث المساحة المزروعة (مليون هكتار- النسبة المئوية) هي الولايات المتحدة (٤٧,٦- ٥٩٪)، والأرجنتين (١٦,٢ - ٢٠٪) وكندا (٥,٤ ؛ ٦٪)،

والبرازيل (٥- ٦٪)، والصين (٣,٧- ٥٪). وارتفع معدل نمو صناعة المحاصيل المُعدلة وراثياً منذ تسويقها في سنة ١٩٩٦م، وبين عامي ٢٠٠٣م و ٢٠٠٤م زادت المساحات المزروعة بالمحاصيل المعدلة وراثياً بنسبة ٢٠٪. وتشمل المحاصيل المعدلة وراثياً ٢٩٪ من محاصيل الذرة والقطن وفول الصويا، والكانولا عالمياً. وتعتبر سمة التحمل لمبيدات الأعشاب السمة الوراثية الغالبة التي أُدخلت على المحاصيل المعدلة (٧٢٪ من مساحات النباتات المُعدلة وراثياً)، تليها مقاومة الحشرات (١٩٪ من مساحات النباتات المُعدلة وراثياً) (James, 2005). وحالياً، يضعف النشاط غير الرسمي لمنع المزارعين من زراعة المحاصيل المُعدلة وراثياً والذي يقوم به الاتحاد الأوروبي منذ عام ١٩٩٨م. وقد أجريت التجارب الميدانية للبنجر ولفت البذور الزيتية والذرة في السنوات القليلة الماضية في المملكة المتحدة، وسمحت بريطانيا بزراعة الذرة المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب في سنة ٢٠٠٤م للإنتاج التجاري.

ويُحَسّن التلقيح بواسطة الحشرات والنحل في المقام الأول غلة المحاصيل في حوالي ٨٠٪ من نباتات المحاصيل المئة تقريباً والتي تُغذي العالم (Ingram et al., 1996; Prescott-Allen Prescott-Allen and,1990)، ويُقدر بأن ٣٠٪ من المواد الغذائية في البلدان النامية تُنْتَج من تلقيح النحل. ويعتمد بعض أنواع المحاصيل اعتماداً كلياً على نقل حبوب اللقاح بواسطة النحل، في حين أن تلقيح بعض المحاصيل الأخرى ذاتية الإخصاب من قبل النحل يُحسن من إنتاج البذور أو الثمار في هذه النباتات.

وتحتاج أنواع النحل جميعاً مصادرَ الرحيق وحبوب اللقاح طوال حياتها لتلبية متطلباتها من الطاقة ولتوفير الغذاء لأفراد الطائفة الأخرى. ونحل العسل هو أكثر الملقحات المرباة من حيث الأهمية الاقتصادية، وركزت دراسات آثار البروتينات القاتلة للآفات سواء المُعدلة وراثياً أو التقليدية إلى حد كبير على نحل العسل. ويشكل النحل التابع لفوق العائلة (Apoidae) مجموعة متنوعة للغاية، مع ٢٠ ألف إلى ٣٠ ألف

نوع، تنتمي لسبع عائلات منتشرة في جميع أنحاء العالم، بدءاً من النحل الانفرادي إلى النحل الذي يعيش في مستعمرات إلى أنواع النحل الاجتماعية البدائية وأخيرا النحل الاجتماعي الحقيقي (Michener et al., 1994). ويمكن لمبيدات الآفات والممارسات الزراعية أن يكون لها تأثيرات مُختلفة على نحل العسل وأنواع النحل الأخرى. وعلى سبيل المثال، يمكن اتخاذ وسائل لحماية خلايا نحل العسل من التعرض والتلوث بالمبيدات الحشرية عن طريق إغلاق الخلايا أو نقلها لمحاصيل أخرى أثناء الرش. ويلعب الحجم ومدى السروح والاختلافات الفسيولوجية والاجتماعية والسلوكية بين أنواع النحل البري أيضاً دوراً في تحديد ما قد تقود له تقنية النباتات المُعدلة وراثياً. والقيام باختبار بعض أنواع النحل من أجناس غير جنس نحل العسل ستوفر بعض المعلومات عن حساسية بعض أنواع النحل الأخرى لبعض المحاصيل المعدلة وراثياً والشائعة. وقد فَرَقْتُ عند مناقشة تقنية النباتات المُعدلة وراثياً بين تأثيراتها المحتملة على نحل العسل وعلى أنواع النحل البرية. ولكن، توجد بيانات قليلة مُتاحة حول تأثير زراعة المحاصيل المُعدلة وراثياً على النحل البري، وأنا، لذلك، لا أتمكن من تقديم تفاصيل أثر المنتجات والممارسات على أنواع النحل البري المختلفة.

لسوء الحظ، غالباً ما تُعتمد التقنية الجديدة قبل فهم تأثيراتها البيئية فهما جيداً. ويهدد إهمال الآثار البيئية للزراعة بتعطيل خدمات النظام البيئي مثل التلقيح، وربما الحد من أو القضاء على أي فائدة للمحصول من الزراعة المكثفة والتوسع الزراعي. ويجب التعرض لمسائلتين أساسيتين فيما يتعلق بالنحل والمحاصيل المُعدلة وراثياً هما: (١) هل تؤثر المحاصيل المُعدلة وراثياً على النحل ومجتمعاته، سلباً أو إيجاباً و(٢) وإذا كان للمحاصيل المُعدلة وراثياً تأثير على النحل، هل سيؤثر هذا على تلقيح المحاصيل وإنتاجيتها؟

وفي هذا الفصل، أستكشف بعض الأدلة العلمية عن الأثر المحتمل، أو عدم وجود الأثر، من هذه التقنية الجديدة نسبياً على النحل وتلقيح المحاصيل. وأدرس حالة فهمنا الحالي والمجالات التي تندر فيها المعلومات بشأن التفاعل بين النحل والمحاصيل المُعدلة وراثياً. وأكتشف الأسئلة التي ينبغي أن تُسأل وأقترح الأبحاث التي ينبغي القيام بها من أجل تخفيف الآثار السلبية للتعديلات الوراثية لنباتات المحاصيل على النحل.

الآثار المحتملة للمحاصيل المُعدلة وراثياً على النحل

يوجد نوعان رئيسيان لآثار المحاصيل المُعدلة وراثياً على النحل، وهما آثار سامة مباشرة وآثار غير مباشرة متعلقة بالنظام البيئي الزراعي. وتبدأ اختبارات السمية عادةً داخل مختبرات التجارب باستخدام المنتج المعدل وراثياً، وهو بروتين منقول وراثياً. وتلي التجارب المعملية في بعض الأحيان التجارب الحقلية لدراسة أثر المورّث المنقول على صحة خلايا النحل (في حالة نحل العسل) التي تقوم بزيارة والسروح على قطاعات مزروعة بالمحاصيل المُعدلة وراثياً. وتُقيَّم سمية معظم النباتات المعدلة وراثياً عادةً في تجارب المختبر التي تقيِّم معدل وفيات النحل، ولكن يحتاج النحل أيضاً إلى أن يقوم بسلوكه المُعقد بجمع الرحيق وحبوب اللقاح ورعاية الحضنة، مما يحفز الدراسات عن التأثيرات المُحتملة للسموم على التعلم وسلوك النحل في زيارة النباتات.

ويمكن للتعديل الوراثي للنباتات أن يؤثر بشكلٍ غير مباشر على مجتمعات النحل من خلال تغيير البيئة التي يعيش بها النحل. وتنطوي الآثار المباشرة على سميّة البروتين المُنتج بسبب المورّث المنقول، في حين تنطوي الآثار غير المباشرة على التغيير غير المقصود للنبات المُعدل وراثياً أو الاختلافات في الممارسات الزراعية المرتبطة مع الأصناف المُعدلة وراثياً. ويلزم إجراء دراسات ميدانية باستخدام مساحات حقلية واقعية وكافية أو حقول تجارية لتقييم الآثار غير المباشرة للمحاصيل المُعدلة وراثياً على

النحل، وقد أجريت دراسات قليلة في هذا الصدد، لاختبار السمية المباشرة للبروتين القاتل للآفات على النحل. وتتطلب وكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة (وكالة حماية البيئة، EPA) بأن تُختبر سلامة المحاصيل المعدلة وراثياً على نحل العسل باستخدام اختبارات ميدانية جزئية تُقارَن فيها صحة الخلايا التي تزور النباتات المُعدلة وراثياً بالخلايا التي تزور وتعيش على النباتات غير المُعدلة وراثياً (Z. Vaituzis، وكالة حماية البيئة، الاتصالات الشخصية، ٨ أذار "مارس" ٢٠٠٦). ويتّبع الاتحاد الأوروبي القواعد الدولية الواردة في بروتوكول قرطاجنة بشأن السلامة الإحيائية (٢٠٠٠)، التي تُعلن أن تقييم المخاطر تجري من أجل "تحديد وتقيّم الآثار الضارة المحتملة للكائنات الحية المُعدلة وراثياً على الحفظ والاستعمال المُستدام للتنوع الحيوي وعلى الأرجح في البيئة المتلقية" برتوكول قرطاجنة للسلامة الإحيائية لسنة ٢٠٠٠ : صفحة ٢٨).

حالياً، لا توجد مجموعة تعليمات وأُسس توجيهية للاختبارات المباشرة وغير المباشرة على النحل. وفي الولايات المتحدة، يُنظم الاختبار البيئي للنباتات المُعدلة وراثياً، خلاف الاختبارات المباشرة لسميّة البروتينات المبيدة للآفات المنقولة وراثياً، من قبل خدمات التفتيش الصحي للحيوان والنبات (APHIS) التابع لوزارة الزراعة الأمريكية. وكجزء من عملية الحصول على الموافقات، تطلُب خدمة التفتيش الصحي للحيوان والنبات من مقدم الطلب أن يُثبت على نحو كافٍ، سواءً من خلال المراجع العلمية أو التجارب، بأن المحصول المُعدل وراثياً لن يضر بالنحل (R. Rose، خدمة التفتيش الصحي للحيوان والنبات، الاتصالات الشخصية March, 2006). ومع ذلك، عندما تُقرر خدمة التفتيش الصحي للحيوان والنبات أن الآثار السامة المباشرة غير مرجحة الحدوث، فإنها لا تقوم بفحص احتمالات الآثار غير المباشرة.

ولدى إدراج المورّث الذي يمنح المحاصيل القدرة على مقاومة الحشرات فإن ذلك قد يؤدي إلى إحداث أضرار بالحشرات النافعة الأخرى، مثل النحل. ويستهلك

النحل بشكل رئيسي الرحيق وحبوب اللقاح. ويحتوي الرحيق على كميات ضئيلة من البروتين وليس من المرجح أن يحتوي على منتجات البروتين المُعدلة وراثياً، ولكن حبوب اللقاح تحتوي على ٨- ٤٠٪ من البروتين وهو الطريق الأكثر احتمالاً لتعرض النحل للبروتين المُعدل وراثياً.

ومن غير المرجح أن تضر منتجات المحاصيل المُعدل وراثياً بهدف تحمل مبيدات الأعشاب الحشرات المفيدة غير المُستهدفة مثل النحل، وقد دُعم هذا الافتراض بعددٍ من الدراسات باستخدام التغذية المباشرة للبروتين المنقول وراثياً، وتنفيذ التجارب الحقلية وشبه الحقلية (Pierre et al, 2003 and Huang et al., 2004). ومن المرجح أن تكون منتجات المحاصيل المُعدلة وراثياً بهدف مقاومة الحشرات أكثر ضرراً على الحشرات المفيدة بسبب التشابه النسبي في فسيولوجية الحشرات. وتتواجد مشكلة جديدة محتملة عند استخدام المحاصيل المُعدلة وراثياً لمقاومة الحشرات هي أن النحل يمكن أن يتعرض باستمرار للمبيدات الحشرية خلال فترة إزهار المحاصيل. وتتكسر مبيدات الحشرات التي تم استخدامها بمعدلات متفاوتة في البيئة، ويمكن أن يُقتصر استخدام المبيدات على الأوقات التي لا يكون فيها المحصول مزهراً أو في الليل بهدف تقليل تعرض الملقحات للمبيد. ومدة ومستوى التعرض للمبيد هما عنصران مهمان في تحديد الخطورة التي يتعرض لها النحل، ويجب تقييم المخاطر النسبية بين إستراتيجيات مكافحة الحشرات بالطريقة التي تشابه التعرض البيئي المحتمل.

وعلى الرغم من أنه أصبح جلياً بأن الآثار المميتة للمبيدات الحشرية على النحل قد تُسبب ضرراً لمجتمعاتها، فإن الآثار شبه المميتة قد تضر بالنحل أيضاً. ويجب على النحل أن يؤدي سلوكيات مُعقدة تجمع بين المهارات الحركية والتعلم من أجل العثور على مصادر الغذاء وتوفيره بكفاءة لأطواره غير الكاملة. والسموم التي قد تعطل قدرة النحل على أداء هذه المهام من خلال تعطيل وظائف الأعضاء و/أو السلوك تؤدي إلى تناقص التكاثر مع

وجود آثار سلبية على مجتمعات النحل في المدي الطويل. كما أن آثار المبيدات شبه المميتة على النحل ليست واضحة كما هي الحال في الآثار القاتلة الحادة، ويمكن بالتالي أن تكون صعبة التقييم. ومع ذلك، إذا تم تجاهلها، فإن التأثيرات شبه المميتة قد تسبب آثاراً غير متوقعة لمجتمعات النحل التي قد تكون أكبر من الآثار المفهومة جيداً والمميتة.

الآثار السامة المباشرة " لمبيدات" النباتات المُعدلة وراثياً

بروتينات البكتيريا العصوية *Bacillus thurigiensis* -Bt-

حُورت أكثر من ٩٩٪ من المحاصيل التجارية المعدلة وراثياً لمقاومة الحشرات باستخدام مورّثات تشفير لبروتينات بلورية (Cry) تم الحصول عليها من بكتيريا التربة *Bacillus thurigiensis* (Bt, James, 2005). وهي بكتيريا موجبة الصبغة لجرام وتنتج بروتينات بلورية خلال عملية إنتاج الأكياس الجرثومية (Simpson et al., 1997) وتظهر سلالات مُختلفة، منها القدرة على قتل أفراد حرشفية، ثنائية، غمدية وغشائية الأجنحة (Benz Joeressen, 1994, Hofmann and Luthy,1986). وتذوب البروتينات البلورية في القناة الهضمية الوسطى لبعض أنواع الحشرات، مفرزةً سموماً مُحتملة. أو قد تُحلل هذه البروتينات بواسطة الأنزيمات الهاضمة للبروتينات في القناة الهضمية، مؤديةً إلى سمومٍ نشطة ترتبط بخلايا غشائية محددة تعمل على إحداث ثقوب في جدار الجهاز الهضمي مما يؤدي إلى وقف فوري للتغذية تقريباً، تليها الوفاة (Gill, et al., 1992). وقد تَنْتُج خصوصية سموم البكتيريا العصوية (Bt) لنوعٍ أو مجموعةٍ محددةٍ من الأنواع من نزعة سموم معينة للبكتيريا بالارتباط بأنسجة التجويف المعوي في هذه الأنواع بالتحديد، ولكن، لا يزال الغموض يكتنف كيفية وخصوصية تأثير سموم هذه البكتيريا (Simpson et al., 1997) .

وقد اُستخدمت تجهيزات من بكتيريا (Bt) منذ عشرينيات القرن الماضي للتطبيق بطريقة الرش السطحي منخفض المخاطر وكأنها معاملة من معاملات المكافحة العضوية للآفات، ولم يكن هناك أي تأثيرات سلبية ملحوظة على النحل. وفي أواخر الثمانينيات وأوائل التسعينيات، أدرجت المورّثات التي تشفر للبروتينات البلورية النشطة في النباتات، وقد زرعت أول نباتات المحاصيل المُعدلة وراثياً Bt-plant تجارياً في سنة ١٩٩٦م. وتَستَخدم التطبيقات التقليدية لبكتيريا (Bt) برش النباتات بالبكتيريا كاملةً أو بالجراثيم البكتيرية، وفي هذه الحالة، يجب أن يتم تحليل البروتين في القناة الهضمية الوسطى للحشرة لإنتاج سمّية فعّالة. ولكن، النباتات المُعدلة وراثياً (Bt) تحتوي على المورّثات التي تُشفر لسميّة نشطة بشكل مباشر، وربما يؤدي ذلك إلى آثار سلبية من الأصناف المُعدلة وراثياً التي لم يُعثر عليها مع تطبيقات (Bt) التقليدية. واعتماداً على الحاثّ المُستخدم وخط التعديل الوراثي فإن البروتين البلوري النشط (Cry) ومنتجات بروتينية أخرى منقولة وراثياً يمكن أن تتواجد في حبوب لقاح النباتات المعدلة وراثياً (Wilkinson et al., 1997). وتُعبِّر نباتات القطن التي تحتوي على مورّث البروتين النشط (Cry1Ac) من البكتيريا العصوية (Bt) عن البروتين في حبوب اللقاح بتركيز ١١,٥ نانوجم/جم من وزن حبوب اللقاح، بينما التركيزات في الرحيق هي أقل من المستويات القابلة للكشف والبالغة ١,٦ نانوجم/جم (وكالة حماية البيئة الأمريكية، 2001). ويتباين التعبير عن المورِّث المنقول (Cry1Ab) ضمن حبوب اللقاح اختلافاً كبيراً تبعاً للمورّث الحاثّ المستخدم (Promotor Gene) بدءاً من ١,٧ حتى ٠,٠٩ ميكروجرام/جرام من حبوب اللقاح (Sears et al, 2001). وللأسف، فإن النتائج المتاحة قليلة حول مستويات التعبير عن (Bt) أو المنتجات المنقولة وراثياً الأخرى في حبوب اللقاح، مما يجعل تصميم التجارب المعملية التي تختبر آثار تعرض الحشرات النافعة الواقعي لهذه المنتجات صعباً على الباحثين.

وتَبين من تجربة مبكرة عن البروتينات البلورية النشطة Cry على يرقات الفراشة الملكية (Monarch Butterfly) الضخمة أنه قد يكون هناك ضرر على بعض الحشرات غير المُستهدفة (Losey et al., 1999) مما أثر في اندلاع جدل حول استخدام محاصيل (Bt) وموجة من الدراسات الجديدة. وقبل دراسة Losey وزملائه (1999)، أجرت وكالة حماية البيئة دراساتٍ لتقيّم مخاطر سموم البكتيريا العصوية (Bt) على نطاقٍ واسع للحشرات والطيور والثدييات وخلصَت إلى أنها لا تتوقع أي خطر كبير على البشر والكائنات الحية غير المُستهدفة أو البيئة (U.S Environmental Protection Agency, 2000). ولدى بعض الباحثين مخاوف قبل وبعد نشر دراسة Losey لأن أساليب المختبر المُستخدمة في هذه الدراسات ليست كافية لجعل الاستنتاجات بشأن الآثار الحقلية ممكنة. وحتى الآن قد تطور تصور عام بأن مجتمعات الفراشة الملكة الضخمة ستتعرض للأذى عند استخدام المحاصيل المعدلة وراثياً بمورثات هذه البكتيريا Bt-plant. ويوجد الآن مجموعة كبيرة من المراجع العلمية المحكمة، نتجت في المقام الأول من الدراسات المشتركة بين العلماء الكنديين وعلماء الولايات المتحدة، ووجدت هذه الدراسات بأن مستويات (Bt) في حبوب اللقاح ليس لها تأثير يذكر على عشائر الفراشة الملكية الضخمة (Sears et al., 2001).

وقد تبع ذلك بحوث على الحشرات الأخرى غير المُستهدفة، وخاصة نحل العسل. ولخّص Malone and Pham-Delegue (2001) نتائج آثار (Bt) على استهلاك الغذاء في اليرقات والحشرات الكاملة لنحل العسل، ونشاط الطيران وطول العمر. ولم يجد الباحثون أي دليل على أن أيا من بروتينات (Bt) النقية التي تم اختبارها (المتخصصة على رتبة حرشفية الأجنحة Cry1Ac، Cry1Ab، Cry1Ba و Cry9C والمتخصصة على رتبة غمدية الأجنحة Cry3A وCry3B) قد يكون لها تأثير سلبي على نحل العسل، وحتى عند تعرض النحل لجرعات مرتفعة للغاية (انظر Malone and Pham-Delegue،

2001، للمراجعة)، على الرغم من عدم اختبار البروتينات المتخصصة في مكافحة رتبة غشائية الأجنحة على نحل العسل (Benz وJoeressen، 1994).

وحديثا، قيّم Hanley وآخرون (2003) أثر تغذية يرقات نحل العسل على بروتينات (Cry1Ab) وبروتينات (Cry1F) من خلال تغذيتها بحبوب لقاح الذرة المعدلة وراثياً، ووصل الباحثون إلى استنتاج مماثل من عدم وجود أي آثار سلبية. وقيم Malone وآخرون (2004) تطور الغدد في عاملات نحل العسل الحاضنة (صغيرة السن) نتيجة لتغذيتها على بروتينات (Cry1Ba) المنقولة وراثياً ولم يتم العثور على أي أثر سلبي، واختبر Liu وآخرون (2005) أثر استهلاك حبوب لقاح القطن التي تحتوي على البروتين المنقول وراثياً (Cry1Ac) على عاملات نحل العسل البالغة ولم يُعثر على أي آثار سلبية أيضاً.

وتتوفر دراسات قليلة حول آثار سموم (Bt) على أنواع النحل الأخرى باستثناء نحل العسل. ولكن، بسبب التباين في الشكل والسلوك بين أنواع النحل المختلفة فليس من الضروري تحويل البيانات واعتمادها للأنواع المختلفة. فقد اختبر Morandin وWinston (2003) آثار البروتين المنقول وراثيا (Cry1Ac) على استمرارية الحياة في عاملات النحل الطنّان البالغة، الوزن، طول العمر، بقاء اليرقات على قيد الحياة وعلى قدرة النحل البالغ (التي تم تطور يرقاته وتغذيتها على حبوب لقاح تحتوي على البروتين السام) على السروح وزيارة الأزهار. ولم يجد أية اختلاف في البقاء على قيد الحياة، الوزن وطول العمر أو قدرة النحل المربى على حبوب لقاح معدلة وراثياً بالمورّث (Cry1Ac) في السروح وزيارة الأزهار بين أفراد النحل الطنّان التي تم تربيتها على الغذاء المعدل وراثياً وبين الشاهد. والاستخدام التجاري للبروتين (Cry1Ac) ليس من المتوقع أن يكون له تأثير سلبي على النحل الطنّان.

واستناداً إلى عددٍ من الدراسات، ومدى طرق الاختبار المختلفة، ومجموعة البروتينات (Bt) التي تم تقييمها، يمكن استنتاج أن بروتينات (Bt) التي يُعبّر عنها في

المحاصيل المُعدلة وراثياً ليس من المرجح أن تضر نحل العسل أو النحل الطنّان ولا يتأثران سلبياً ببروتينات (Bt) النقية عند مستويات تقارب التركيزات التي وجدت في حبوب اللقاح المُعدلة وراثياً أو بطريقة المحاصيل المعدلة وراثياً التي تعبر عن البروتينات المُشتقة من البكتيريا العصوية (Bt).

مثبطات إنزيم هضم البروتينات

حالياً، تعتبر المحاصيل المُعدلة وراثياً ببروتينات (Bt) الوحيدة من حيث الاستخدام التجاري للنباتات المقاومة للحشرات، ولكن يجري تطوير أنواع عديدة للبروتينات المنقولة وراثياً بهدف مكافحة الحشرات. ومثبطات أنزيم هضم البروتينات هي مجموعة من البروتينات يتم عزلها من النباتات والحيوانات والأحياء الدقيقة وتعمل كمبيد حشري. حيث ترتبط مثبطات أنزيم هضم البروتين بالأنزيمات الهاضمة للبروتينات، مما يعطل هضم البروتين في معدة الحشرة، ويؤدي ذلك إلى تباطؤ النمو و/أو موت الحشرة. ومثبطات الأنزيم هذه فعالة في مكافحة أفراد رتبة غمدية، حرشفية ومستقيمة الأجنحة (Malone et al., 2004)، وقد أظهرت النباتات التي تُعبّر عن مثبطات إنزيم هضم البروتينات القدرة على مقاومة الآفات الحشرية (انظر Malone and Pham-Delegue، 2001، والمراجع فيها). ومثبطات إنزيم هضم البروتين ليست متخصصة كما هي الحال بالبروتين السام المنقول وراثياً من البكتيريا العصوية (Bt)، بالتالي فإن نحل العسل والنحل الطنّان ومن المحتمل أنوع النحل الأخرى تحتوي على أنزيمات هضم البروتين في جهازها الهضمي مما يجعلها حساسة لهذه المثبطات (Malone et al., 2004 and Dechaume – Moncharmont et al, 2005).

استعرض Malone and Pham-Delegue (2005) النتائج المترتبة على آثار مثبطات أنزيم هضم البروتينات المختلفة على نحل العسل والنحل الطنّان، ووجد أن لبعضها تأثيراً سلبياً والأخرى لم يظهر لها أي تأثير. واستنتج بأن تناول جرعات عالية من

مثبطات الأنزيم بواسطة النحل قد يُخفض نشاط إنزيم هضم البروتين في القناة الهضمية، مما يؤدي إلى تناقص عمر النحلة. وأكد الباحثان على أن تُدرس كل حالة على حدة ولكل مُنْتَجٍ بروتيني جديد منقول وراثياً. وفي الآونة الأخيرة، وَجَدَتْ دراساتٌ أخرى آثاراً مختلفة ومتباينة لمثبطات أنزيم هضم البروتينات على النحل. وعلى سبيل المثال، عند تغذية يرقات نحل العسل على مثبطات التربسين المنقولة لمحصول الصويا (SBTI) أدى ذلك إلى وفيات بأعدادٍ كبيرة، وتباطؤ نمو الأطوار غير الكاملة، وخفَضَتْ كتلة جسم الحشرات البالغة (Brodsgaard et al., 2003). ولم يتأثر تطور الغدد تحت البلعومية لنحل العسل عندما كانت يرقات نحل العسل تتغذى على مثبطات أنزيم هضم البروتينات (Aprotinin) (Malone et al., 2004)، ولكن تطور اليرقات تأثر سلباً وكان بقاء يرقات النحل على قيد الحياة أقل في النحل الذي يتغذى على مثبطات التربسين في فول الصويا مقارنة بالشاهد (SBTI Sagili et al., 2005). وبهذه التوليفة فإن الدراسات تُسلط الضوء على الحاجة لدراسة كل مثبط جديد منقول وراثياً وأثره على صحة النحل.

بروتينات أخرى مبيدة للحشرات

وقد أجريت العديد من الدراسات على نباتات مقاومة للآفات ومعدلة وراثياً باستخدام Bt ومثبطات إنزيمات هضم البروتين؛ ومع ذلك، تم اختبار مجموعة أخرى من النباتات المُعدلة وراثياً بجينات منقولة تعبر عن بروتينات متخصصة بالارتباط بالبيوتين وأنزيم تحليل الكايتين أو الجلوجونيز، الليكتينات، وسم العنكبوت كذلك (Malone and Pham-Delegue, 2001). وعلى الرغم من أن الدراسات الأولية تشير إلى أن بروتينات تحليل الكايتين والجلوجونيز من غير المرجح بأن تسبب ضرراً لنحل العسل (Nizou Picard et al., 1997)، وأن بروتينات تحليل الكايتين غير ضارة للنحل الطنّان (Morandinand Winston, 2003)، إلا أن الجرعات التي اُختبرت قليلة. وهناك نقص في الدراسات حول آثار البروتينات المحتملة الأخرى والمنقولة وراثياً.

التأثيرات الإيجابية للمحاصيل المُعدلة وراثياً لمقاومة للآفات

تم التركيز حتى الآن على التأثيرات السلبية المُحتملة على النحل والتي يمكن أن تَحدث نتيجة الاعتماد على تقنية مكافحة الآفات بواسطة النباتات المُعدلة وراثياً، ولكن هناك إمكانية بأن يكون لهذه التقنية الجديدة أيضاً وقع إيجابي على النحل. وعلى تقليل استعمال مبيدات الآفات الكيميائية وهو أحد هذه التأثيرات الإيجابية.

وقد زاد استخدام مبيدات الآفات المصنعة عشرات الأضعاف منذ عام ١٩٤٥م، وحالياً يُستخدم نحو ٢,٥ مليون طن من مبيدات الآفات سنوياً في جميع أنحاء العالم (Paoletti and Pimentel, 2000). وحتى مع تزايد استخدام مبيدات الآفات من أي وقت مضى، يُقدر بأن ٤٠٪ من غلة المحاصيل الزراعية يتم فقدانها نتيجة للإصابة بالآفات قبل الحصاد؛ ويمكن زيادة هذه الخسائر بنسبة ٣٠٪ أخرى في حال عدم استخدام مبيدات الآفات. ويمكن لمبيدات الآفات المصنعة واسعة الطيف والأكثر شيوعاً أن تكون سامة للنحل، فضلاً عن الحيوانات البرية الأخرى (Johansen and Mayer, 1990)، ومع تزايد الطلب العالمي على الغذاء (Tilman et al., 2001)، نحتاج إلى توظيف تقنيات بديلة لمكافحة الآفات بهدف تقليل الآثار البيئية للزراعة المكثفة. وعلى الجانب الآخر، تُقدر القيمة الاقتصادية للتلقيح بواسطة نحل العسل حالياً بحوالي مليار دولار سنوياً في كندا و١٥ مليار دولار سنوياً في الولايات المتحدة (هيئة الزراعة والأغذية، والتنمية الريفية في ولاية ألبرتا، ٢٠٠٥). وقد قُدرت الخسائر الاقتصادية المباشرة لمستعمرات نحل العسل وإنتاج العسل الذي يعزى مباشرة إلى استخدام مبيدات الآفات بحوالي ٤٠ مليون دولار في السنة، ولكن الخسائر الزراعية بسبب انخفاض التلقيح بواسطة نحل العسل تقدر بحوالي ٤ مليارات دولار في السنة (Pimentel et al., 1992). وعلى الرغم من الصعوبة في تحديد استخدام معرفتنا الحاضرة بشكل كمي، فإن المبيدات الحشرية لها تأثير خطير على عشائر النحل البرية أيضاً، مع خسائر كبيرة في التنوع الحيوي وغلة المحاصيل.

سموم (Bt) التي تُستخدم الآن في المحاصيل المُعدلة وراثياً التجاريّة ليست ضارة بالنسبة للنحل، وبالتالي يمكن أن يؤدي استخدام محاصيل (Bt) المعدلة وراثياً إلى استخدام أقل لمبيدات الآفات المصنعة مما يخفض الضرر بالنسبة لمجتمعات النحل. فعلى سبيل المثال، أدى استخدام أصناف القطن (Bt) المعدلة وراثياً إلى تقليل استخدام مبيدات الآفات المصنعة بنسبة الثلث (Qaim, 2003) أو حتى إلى النصف في الهند والأرجنتين (Qaim and De Janvry, 2005). ويمكن أن يؤدي اعتماد قطن (Bt) على نطاق واسع إلى تقليل الاستخدام العالمي لمبيدات الآفات المصنعة، حيث إن محصول القطن هو المستهلك الأكبر للمبيدات الحشرية على مستوى العالم. ومن المزايا المُحتملة الأخرى للمحاصيل المقاومة (المبيدة) للآفات المُعدلة وراثياً هو أن مبيدات الآفات هذه تُنتج من قبل النبات ولن تنجرف إلى المناطق المحيطة بها أو إلى المياه الجوفية.

الآثار السلبية غير المباشرة للمحاصيل المُعدلة وراثياً

آثار التعديل الوراثي

يمكن لإدخال مُوَرثات منقولة بالنباتات المُعدلة وراثياً أن ينتج عنها تغييرات غير مقصودة في الشكل الظاهري للنبات المُعدل وراثياً تؤدي إلى إنتاج صنف إما أقل جاذبية أو مصدر تغذية أضعف للنحل مقارنةً مع الأصناف المكافِئة غير المُعدلة وراثياً. وهناك نوعان من التغييرات غير المباشرة في النمط الظاهري للنبات ناتجة عن التحول أو التعديل الوراثي تم ذكرهما من قبل الباحث Malone and Pham-Delegue (2001) أولاً: يمكن أن تحدث طفرة زيادة في المورثات (طفرة تؤدي إلى إدخال وزيادة في عدد المورثات) أثناء عملية التعديل الوراثي، ينتج عنها تغييرات تؤدي مثلا إلى تخفيض كمية الرحيق بالزهرة أو تغيير في تكوين حبوب اللقاح. وإذا تمت ملاحظة هذه التغيرات، يمكن انتخاب الخطوط أو الأصناف التي لم يحدث فيها تغير. ثانياً، يمكن أن

يحدث تغير متزامن الأثر بحيث يتداخل المنتج المنقول وراثياً مع مسار كيميائي حيوي في النبات، ينتج عنه تغيير في النمط الظاهري. وإذا كان هذا التغيير ليس ملحوظاً، فلا يمكن استخدام طريقة انتخاب الخط الوراثي أو الصنف الذي لا يشمل هذا التغير الناتج عن التعديل الوراثي.

ولا يُعرف حتى الآن الكثير عن هذه التعديلات الخفيّة، ونفتقر إلى المعلومات بالنسبة لمعظم الأصناف المُعدلة وراثياً فيما إذا كانت مُختلفة من جوانب قد يكون لها تأثير على مجتمعات النحل. وأظهرت دراسة واحدة على نحل العسل ونبات اللفت المُعدل وراثياً فرقاً في رحيق الأزهار بين النباتات المعدلة وراثياً والنباتات غير المعدلة وراثياً ولكنه لم يكن هناك فرق في سروح نحل العسل على كلتا المجموعتين (Picard- Nizou et al., 1995). والآن، لتحديد فيما إذا كانت هناك أية آثار للصنف المعدل وراثياً، ينبغي أن تُحلل النباتات المعدلة وراثيا من حيث مكونات الرحيق وحبوب اللقاح لكل الأصناف المعدلة وراثياً قبل عملية إنتاجها وتسويقها التجاري. وفي هذه الحالة، تبين الدراسات الميدانية لنشاط النحل في النباتات المُعدلة وراثياً مقابل الأصناف التقليدية أيضاً فيما إذا كان للسلالة المُعدلة وراثياً أي تأثير سلبي على النحل. وستكون هذه الدراسات مهمة جداً للمحاصيل التي يتم تلقيحها بواسطة النحل.

تأثيرات النظام البيئي الزراعي

في سنة ٢٠٠٥م، زُرع ما يقرب من ٧١٪ من مساحة المحاصيل المُعدلة وراثياً العالمية بمحاصيل قادرة على تحمل مبيدات الأعشاب، بالإضافة إلى ١١٪ زرعت بمحاصيل معدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب ومقاومة الآفات معاً (James, 2005). وتسوق المحاصيل التي تتحمل مبيدات الأعشاب إلى المزارعين باعتبارها التقنية للحد من وفرة الأعشاب الضارة في الحقول مما يؤدي إلى زيادة الإنتاج. وتكون مكافحة

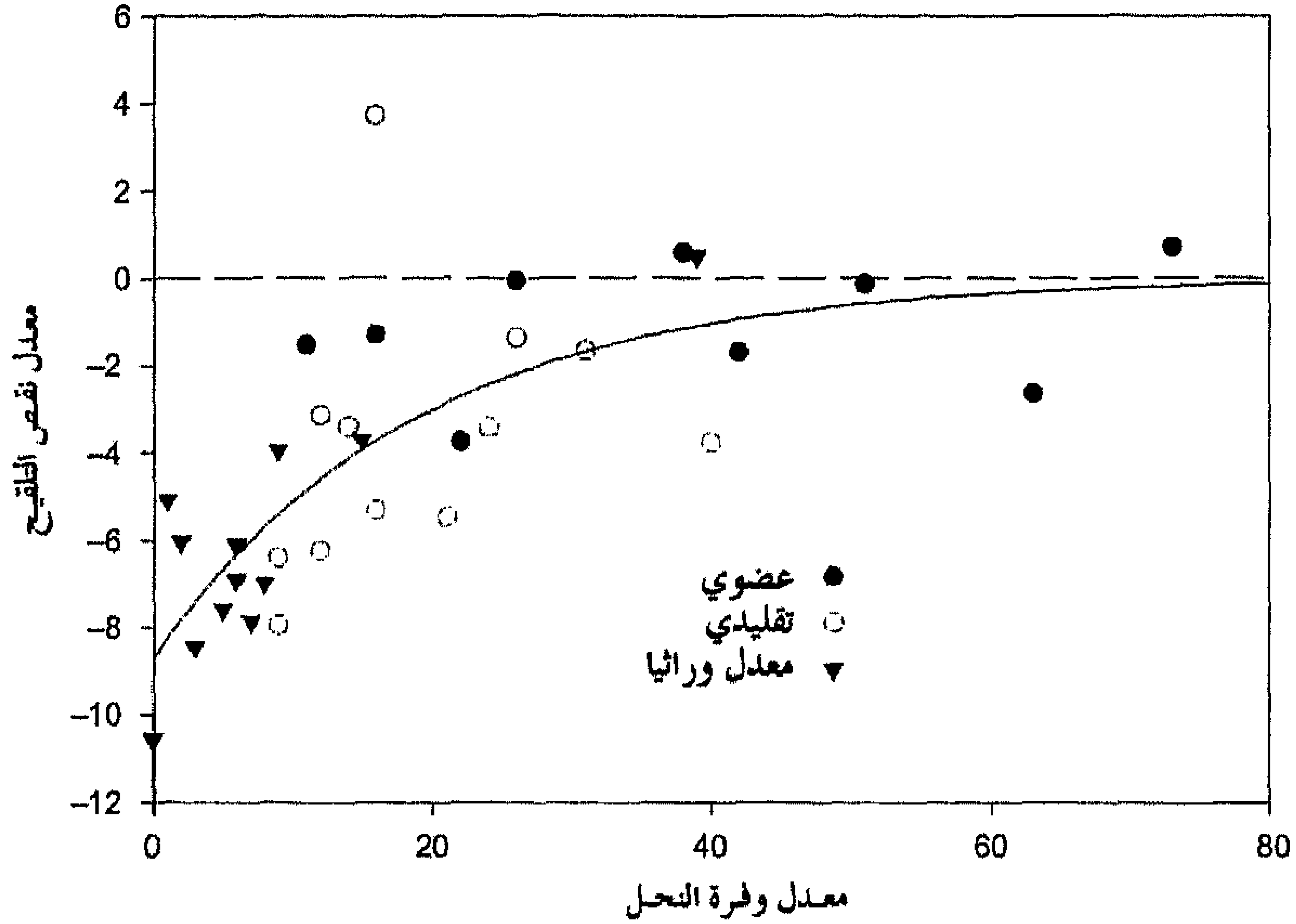
الحشائش الضارة الفعالة في العديد من المحاصيل التقليدية الغير مُعدلة وراثياً صعبةً؛ لأنه بعد بزوغ البادرات في الحقول، يقتصر استخدام المزارعين على مبيدات الأعشاب التي لن تضر المحاصيل فقط. ولكن أصناف المحاصيل المعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب جذابة جداً للمزارعين؛ لأنها تمكنهم من مكافحة الأعشاب الضارة حتى بعد ظهور المحصول. ومن غير المرجح أن المحاصيل المعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب تضر مباشرةً بالنحل البري أو النحل المربى كنحل العسل (Huang, et al., 2004)، ولكن ضمن مناطق استخدام هذه النباتات، تنخفض وفرة وتنوع الأعشاب الضارة مما يقلل من وفرة المصادر الغذائية للنحل البري. وينبع معظم القلق فيما يتعلق بعواقب المحاصيل المعدلة وراثياً لمبيدات الأعشاب على النحل البري من أدلة تشير بأن النحل أكثر وفرة وتنوعاً في المناطق ذات التنوع الحيوي الأوفر والأكبر، ولكن تشير بعض الدراسات الحديثة إلى أن التغيرات في الممارسات الزراعية المُرتبطة بالمحاصيل المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب لديها بالفعل آثار سلبية كبيرة على مجتمعات النحل من خلال الآثار الواضحة في النظام البيئي على هذا المستوى.

وقد أُجريت تقييمات حقلية لثلاث سنوات في المملكة المتحدة بغرض تقييم الآثار على الحياة البرية والناجمة عن طريقة إدارة المحاصيل المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب مقارنة مع الأصناف التقليدية غير المُعدلة وراثياً (Squire et al., 2003). وكانت الكتلة الحيوية للأعشاب الضارة أقل في حقول البنجر واللفت المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب (Hawes, et al., 2003)، وكانت كثافة النحل أقل في حقول المحاصيل المعدلة وراثياً عنها في المحاصيل التقليدية. (Haughton et al., 2003). ولا يعني انخفاض تواجد النحل في حقول النباتات المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب بالضرورة انخفاض الكثافة النحلية في مجتمعات النحل في المنطقة، ولكن يمكن أن تعكس خيارات السروح التي تقوم بها النحلة (Hawes, et al., 2003).

ويمكن لمجتمعات النحل الصغيرة في المحاصيل المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب أن تؤدي ليس فقط إلى زيادة تفاقم الانخفاض الحالي على المدى الطويل لمجتمعات النحل البرية في النظم البيئية الزراعية ولكن أيضاً إلى غلة وعوائد اقتصادية فقيرة للمحاصيل. ولدى العديد من المحاصيل مثل الكانولا (*Brassica spp.*) التي تستفيد من تلقيح النحل مجتمعات نحلية أقل كثافة وعقد ثمار أقل في حقول النباتات المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب بالمقارنة مع الأصناف التقليدية والعضوية (Morandin and Winston, 2005، الشكل ١٢,١). وجد Morandin and Winston (2005) أن نسبة عقد البذور في النباتات المعدلة وراثياً كانت ٧٨٪ فقط من مجموعة البذور الإجمالية المُحتملة، وفقدان حوالي ست بذور في القرن الثمري الواحد بسبب عدم وجود نقل كاف لحبوب اللقاح، في حين كان عقد البذور في الحقول العضوية يعادل ٩٩٪. في المقابل، زادت كثافة النحل بما يقرب من ثلاثة أضعاف في الحقول العضوية للكانولا مقارنة مع حقول النباتات المعدلة وراثياً.

ولدى الحقول التقليدية، كثافة نحلية ونسبة عقد بذور متوسطة مقارنة بالمعدلات في حقول الكانولا المُعدلة وراثياً والعضوية. وتختلف الحقول العضوية عن الحقول المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب والحقول التقليدية في جوانب عديدة بما في ذلك حجم الحقل واستخدام مبيدات الآفات وأنواع الكانولا المستخدمة. ومع ذلك، كانت الحقول التقليدية ذات حجم مماثل لحقول النباتات المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب، ولديها نفس أنواع الكانولا، وقد أُنتجت بطريقة مماثلة. ولذلك نفترض وجود علاقة إيجابية بين غطاء الحشائش الضارة ووفرة النحل كما أن نمط زيادة وفرة النحل من حقول النباتات المعدلة وراثياً إلى الحقول التقليدية والحقول العضوية والتقليدية كانت (على الأقل جزئياً) نتيجةً لزيادة غطاء الأعشاب الضارة. وأظهر التحليل الدقيق للبيانات أن كلاً من الأراضي المحيطة بالحقول وغطاء الحشائش داخل

الحقل تلعب دوراً في تحديد وفرة النحل في الحقول (Morandin and Winston معلومات غير منشورة).



الشكل (١٢,١). تأثير النظام البيئي الزراعي غير المباشر والمحتمل لنبات الكانولا المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب على تلقيح النحل والمحاصيل. ونقص التلقيح هو قياس الفرق بين مجموعة البذور الفعلية ومجموعة البذور المحتملة مع التلقيح الكامل. ولاحظ أن هناك عدداً أقل من النحل في الحقول المُعدلة وراثياً والتي تتوافق لتخفيض مجموعة البذور الفعلية (من Morandin و Winston، 2005).

وعلى الرغم من أن بعض الدلائل تشير إلى أن ارتباط المحاصيل المعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب مع كثافة نحلية منخفضة ونسبة عقد بذور أكثر انخفاضاً، إلا أن إستراتيجيات إدارة هذه المشكلة البيئية والاقتصادية المحتملة ممكنة. وانخفاض وفرة الأعشاب الضارة في الحقول واحدة من الفوائد المُحتملة لأنواع المحاصيل المعدلة وراثياً

لتحمل مبيدات الأعشاب المُعدلة والتي تؤدي إلى زيادة المحاصيل (Howatt, 2006). ومع ذلك، إذا تسبب غطاء الأعشاب الضارة المُنخفض للغاية في تدني وفرة النحل في الحقول قد لا يؤدي استخدام المحاصيل المعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب إلى أي زيادة في المحصول مقارنة بالحقول التي تنتشر فيها الأعشاب الضارة بشكلٍ أكبر. وبدلاً من الاعتماد على الأساليب التي قد تؤدي إلى كثافة أعلى للأعشاب الضارة في الحقول، يمكن تشجيع وتحسين وفرة وكثافة النحل بالحقول منخفضة الحشائش الضارة من خلال إدارة المناطق المحيطة لقطعة الأرض، وهي إستراتيجية من غير المرجح أن تكون مألوفة للعديد من المزارعين.

واقترح Morandin and Winston (2006)، وذلك باستخدام بيانات جُمعت على مدى عامين في حقول الكانولا المعدلة وراثيا والتقليدية، أن عشائر النحل البرية يمكن أن تزداد من خلال ترك بعض الأراضي المحيطة للحقل بدون زراعة. وطورا نموذجاً عن منفعة الكانولا في مساحة ٥٧٦ هكتاراً، على أساس النسبة المئوية من الأراضي المخصصة لزراعة الكانولا والأرض غير المخصصة للزراعة. ويحاكي هذا النموذج المنفعة على طول سلسلة متصلة، من حقول الكانولا التي تغطي المنطقة بأكملها وحتى ترك مجمل المساحة والبالغة ٥٧٦ هكتاراً بدون زراعة. والعائد من الكانولا ازداد مع زيادة النسبة المئوية من الأراضي غير المزروعة من صفر حتى ٣٠٪. وعندما خُصصت كل المساحة المتوفرة لزراعة الكانولا ولم تُترك هناك منطقة غير مزروعة، انخفضت وفرة النحل في النموذج، مما أدى ذلك إلى انخفاض نسبة عقد البذور. كما زادت نسبة الأراضي غير المزروعة من صفر حتى ٣٠٪، مع زيادة في وفرة النحل، مما أدى إلى زيادة عقد البذور وزيادة الإنتاجية والعائد الاقتصادي. وعندما زادت الأراضي غير المزروعة لأكثر من ٣٠٪، تنخفض الفائدة من الكانولا بسبب ارتفاع نسبة العوائد المفقودة من عدم زراعة جزء إضافي من الأرض على العوائد المكتسبة نتيجة تحسن وفرة

النحل والتلقيح. لذلك، نجد أنه من الأمثل اقتصاديا في مجال دراستنا ترك ما نسبته ٣٠٪ من الأراضي غير مزروعة. وهذا النموذج يحاكي نظاماً مغلقاً بزراعة المساحة بالكانولا أو تركها بدون زراعة، ولكنه لم يمتد لعدة سنوات أو يأخذ بالاعتبار استفادة محاصيل أخرى قريبة من حقول الكانولا. وعلى الرغم من هذه القيود، فإن النموذج يكشف عن أن بعض الأراضي الطبيعية في النظم البيئية الزراعية يمكن أن يكون لها بُعد اقتصادي فضلاً عن المساعدة في التنوع الحيوي. وقد طُور وُعدل هذا النموذج من قبل M. Wonneck (إدارة إعادة تأهيل الأراضي والمزرعة – الزراعة والأغذية الزراعية في كندا) لإدراج تناوب أربعة محاصيل لمدة أربع سنوات مع ٣ سنوات من المحاصيل غير المُعتمدة على الملقحات (Wonneck، الاتصالات الشخصية، شباط "فبراير" ٢٠٠٧). ووجد أن العائد قد تم تعظيمه عندما يترك ١٥٪ من الأراضي بدون زراعة.

إن تغيير وفرة الأعشاب الضارة في وحول الحقول قد يكون له آثار متباينة على أنواع النحل البرية المُختلفة. وعلى الرغم من عدم توفر قاعدة بيانات عن أنواع مختلفة من النحل البري وآثار النظام البيئي الزراعي غير المباشرة للمحاصيل المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب عليها في الوقت الحاضر، إلا أن بعض التكهنات ممكنة. فالنحل الأكبر حجماً مثل النحل الطنّان يقوم بالسروح لمسافات أكبر من أنواع النحل الأخرى، وهي قادرة على السروح على مجموعة واسعة من أنواع الزهور. ولذلك، الحد من السروح على المدى الطويل في الحقول المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب قد لا تؤثر على عشائر النحل الطنّان بالقدر الذي تؤثر فيه على أنواع النحل الصغيرة التي لا تتمكن من السروح لمسافات أطول للحصول على الغذاء.

وتحافظ عملية صيانة أو تأهيل الأراضي الطبيعية في المناطق الطبيعية الزراعية على مجتمعات النحل البري وكذلك على عملية التلقيح، ولكن في كثير من الحالات قد لا يكون ذلك قابلاً للتحقيق. وعلى الرغم من المعرفة والدعم الحكومي للمناطق الطبيعية

في النظم البيئية الزراعية، لم يتبنَ مُلاك الأراضي في الولايات المتحدة إدراج صيانة الأراضي الطبيعية على نطاق واسع (Lovell and Sullivan, 2006). حيث يمكن تعويض آثار سمات الإدارة عالية الكثافة للحقول المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب من خلال المناطق الطبيعية المتراكبة هيكلياً، وتتضمن أشكالاً وأنواعاً زراعية متنوعة ومتباينة (Tscharntke, et al., 2005). وقد قمنا بدراسة وفرة وتنوع النحل البري في حقول الكانولا المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب ضمن المناطق الطبيعية المعقدة هيكلياً، وتتألف هذه الأراضي من مراعٍ ومحاصيل محروثة، وضمن المناطق الطبيعية "البسيطة"، التي تتألف من المحاصيل المحروثة في المقام الأول (Morandin, et al., 2007). وكانت وفرة النحل البري أكبر، كما أننا عثرنا على توجه نحو تنوع أكبر للنحل في الحقول ضمن المناطق الطبيعية المعقدة مقارنةً بالمناطق الطبيعية البسيطة. وهكذا يمكن أن تتحقق المحافظة على النحل في الزراعات المكثفة محلياً إذا كانت المناطق الطبيعية معقدة.

الآثار النافعة غير المباشرة

يعشش العديد من أنواع النحل البري في الأرض، وعند حرث الحقول يمكن أن تُدَمر مواقع التعشيش هذه. وتحرث المحاصيل الحولية عادة إما في الخريف بعد أن يُحصد المحصول أو في الربيع قبل أن يُبذر المحصول الجديد. والهدف من هذه الحراثة هو تخفيف التربة لتسهيل عملية الزراعة ولتعطيل نمو الأعشاب الضارة. ويمكن للمزارعين رش مبيدات الأعشاب واسعة الطيف بعد ظهور المحصول في حقول المحاصيل المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب مثل الكانولا والتي لا تحتاج للحراثة لمكافحة الأعشاب الضارة. ويحتمل أن يؤدي ذلك إلى زيادة مواقع التعشيش في الحقول وهوامش الحقول. ولم يُبلَغ عن أي دراسات حول آثار تقنين الحراثة على مجتمعات النحل البرية، ولكن في سنة واحدة خلال دراساتنا، لم يكن لدى أربعة حقول غير محروثة لنبات الكانولا

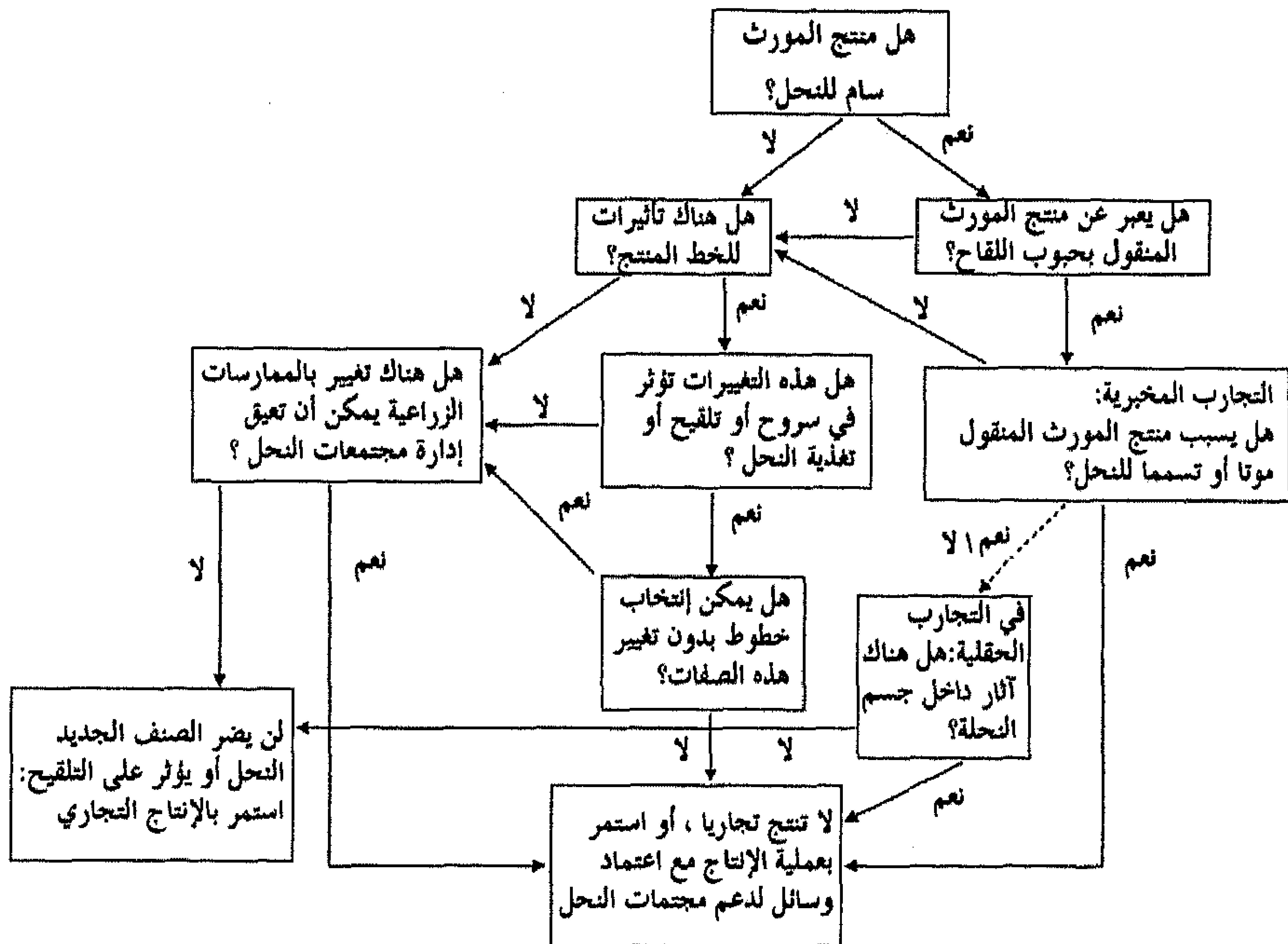
المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب وفرة نحيلة أكبر من الحقول المعدلة وراثيا والمحروثة. وبالإضافة إلى ذلك، لا يستفيد العديد من المزارعين حتى الآن من نظام عدم حرث التربة في حقول المحاصيل المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب؛ لأن بذر الحقل المباشر بدون حراثة يتطلب آلات بذر أكبر وأكثر تكلفة من البذر العادي.

تقييم مخاطر المحاصيل المُعدلة وراثياً على النحل

إنه لمن الأساسي بأن تُختبر سلامة النحل لجميع سلالات المحاصيل المُعدلة وراثياً الجديدة، وذلك قبل الاستخدام التجاري. ومن المهم أن تُقيّم مخاطر المحاصيل المُعدلة وراثياً مقارنة ببدائل مجدية نسبياً. وعلى سبيل المثال، فإن بروتين مبيدات الآفات المنقول وراثياً والذي يثبت ضرره بالنسبة للنحل قد يكون أقل ضرراً من المبيدات الحشرية المصنعة البديلة والتي يجرى استخدمها على المحاصيل غير المُعدلة وراثياً. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن تُقارن آثار المحاصيل المُعدلة وراثياً على النظام البيئي الزراعي مع آثار النظم الزراعية الأخرى (التقليدية والعضوية) على النحل (على سبيل المثال، تطوير النظم الزراعية Champion, et al., 2003 and Morandin and Watson, 2005).

وينبغي التحقق أيضا من آثار السلالات الجديدة التي تتضمن مورّثات منقولة ويحتمل أن تكون آمنة بالنسبة للنحل أو التي اُختبرت واُعتبرت آمنة على أي تغير في حبوب اللقاح أو الرحيق (Pierre et al., 2003) (الشكل ١٢,٢). وإذا لم يثبت وجود أية آثار واضحة على النحل، ينبغي علينا أن نسأل فيما إذا وجدت أية عوامل على مستوى النظام البيئي الناتجة من الممارسات الزراعية المُرتبطة بالمحاصيل المُعدلة وراثياً والتي قد تؤثر سلباً على مجتمعات أو تلقيح النحل. عموماً، نحتاج لدراسات ميدانية واسعة النطاق لقياس ولتحديد الآثار على مستوى النظام البيئي وبدقة بما يختص بمجتمعات النحل. وإذا لم يُعثر على أي آثار سلبية في أي من هذه الخطوات، فمن

المحتمل أن لا يكون لها آثار على مجتمعات النحل أكبر من تلك المتوقعة مع الإخلال بالزراعة التقليدية. وإذا كان المورّث المنقول ذا تأثيرات مميتة أو دون المميتة على النحل في التجارب المختبرية أو في الحقلية ، ينبغي اتخاذ الخطوات للتقليل من هذه الآثار، مثل التوصل أو إنتاج سلالات لديها مستوى أقل من تعبير المورّث المنقول في حبوب اللقاح والرحيق أو باستخدام مورّثات منقولة بديلة لا تُسبب تأثيرات سامة. وإذا وجدت آثار على مستوى النظام البيئي الزراعي، كانخفاض وفرة وتلقيح النحل ببعض المحاصيل المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب، فيمكن إدارة المناطق المحيطة للمحاصيل للمساعدة في الحفاظ على وفرة وتنوع النحل.



الشكل (١٢,٢). رسم تخطيطي لتدفق تقييم المخاطر للإنتاج التجاري للمحاصيل المُعدلة وراثياً.

الخاتمة

يطالب العالم بزيادة إنتاج الغذاء، وتحاول الصناعة الزراعية زيادة الإنتاجية عن طريق تحسين المحاصيل من خلال التعديل الوراثي. وقد زاد استخدام المحاصيل المُعدلة وراثياً كل سنة منذ منتصف التسعينيات من القرن الماضي، والخبراء المتنبئون في مجال الزراعة لا يتوقعون لهذا التوجه بأن يتغير أو يهدأ لسنوات عديدة أخرى. والمحاصيل الحالية المُعدلة وراثياً لمقاومة للحشرات تعتبر أقل سمية للحياة البرية من مبيدات الآفات التقليدية الكثيرة وتحد في بعض الحالات من الاستخدام المفرط لمبيدات الآفات، ومن المحتمل أن يؤدي ذلك إلى مجتمعات نحل أفضل صحة وأفضل من ناحية تلقيح المحاصيل. وتعتمد هذه الفوائد على منتج المورّث المنقول بكونه غير سام نسبياً للنحل أو لن يتم التعبير عنه في حبوب اللقاح. وإذا كانت المنتجات التجارية المستقبلية سامة بالنسبة للنحل، فإن الاستفادة منها تعتمد على مقارنة أثرها النسبي مع مبيدات الآفات المصنعة البديلة. وقد يكون أثر المحاصيل المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب المباشر على النحل أقل احتمالاً ولكن قد تؤثر تأثيراً سلبياً على مجتمعات النحل وتلقيح المحاصيل بطريقة غير مباشرة. وتُسّوق المحاصيل المُعدلة وراثياً لتحمل مبيدات الأعشاب للمزارعين بغرض زيادة إنتاج المحصول من خلال مكافحة الأعشاب الضارة، ومكافحة الأعشاب الضارة بهذا الأسلوب قد يؤثر تأثيراً سلبياً على مجتمعات النحل البرية، وإذا كانت هذه المحاصيل تعتمد على الحشرات بالتلقيح، فإن انخفاض نسبة عقد البذور قد يُلغي الفوائد من تقنية تحمل مبيدات الأعشاب. وإذا أمكن للبحوث والدراسات تحديد بعض هذه المشاكل والحلول المحتملة، يمكن للمزارعين أن يتخذوا الإجراءات المناسبة على مستوى النظام البيئي الزراعي، مما يؤدي إلى تحقيق مكاسب لكل من المحصول والتنوع الحيوي.

شكر وتقدير

أشكر Mark Winston و Patrick O'Hara للتعليقات على المسودة الأولى لهذا الفصل. والشكر لجمعية منتجي عسل كولومبيا البريطانية على تمويلها لهذا البحث، ومن خلال اتفاق الشراكة البحثي مع مجلس بحوث العلوم الطبيعية والهندسة بكندا (NSERC)، والمتعاونين من القطاع الصناعي المعني: باير لعلوم المحاصيل (Bayer)، مونسانتو (Monsanto)، داو - العلوم الزراعية - كندا (Dow)، وشركة كرومبتون (Crompton)، شركة NSERC على منحة دراسات عليا للباحث L. Morandin ومنحة اكتشاف NSERC إلى Mark Winston.

المراجع العلمية

Alberta Agriculture, Food, and Rural Development. (2005, May 23). Serious threat to Canadian http://www1.agric.gov.ab. ca/$department /newslett .nsf/pdf/ agnw7331/$fi le/May%2023.pdf.

Benz, G., and Joeressen, H. J. (1994). A new pathotype of Bacillus thuringiensis with pathogenic action against sawflies (Hymenoptera, Symphyta) (Bulletin OILB-SROP 17). Montfavet, France: OLIB.

Beversdorf, W. D. (1993). Traditional crop breeding practices: An historical review to serve as a baseline for assessing the role of modern biotechnology. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.

Brodsgaard, H. F., Brodsgaard, C. J., Hansen, H., and Lovei, G. L. (2003). Environmental risk assessment of transgene products using honey bee (Apis mellifera) larvae. Apidologie, 34, 139-145.

Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity. (2000). Retrieved June 2007, from http://www.biodiv. org/doc /legal/cartagena-protocol-en.pdf.

Champion, G. T., May, M. J., Bennett, S., Brooks, D. R., Clark, S. J., Daniels, R. E., et al. (2003). Crop management and agronomic context of the farm scale evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Series B. Biological Sciences, 358, 1801-1818.

Chrispeels, M. J., and Sadava, D. E. (2003). Plants, genes, and crop biotechnology (2nd ed.). Sudbury, MA: Jones and Bartlett.

Dechaume-Moncharmont, F. X., Azzouz, H., Pons, O., and Pham-Delegue, M. H. (2005). Soybean proteinase inhibitor and the foraging strategy of free flying honeybees. Apidologie, 36, 421-430.

Gill, S. S., Cowles, E. A., and Pietrantonio, P. V. (1992). The mode of action of Bacillus thuringiensis endotoxins. Annual Review of Entomology, 37, 615-636.

Hanley, A. V., Huang, Z. Y., and Pett, W. L. (2003). Effects of dietary transgenic Bt corn pollen on larvae of Apis mellifera and Galleria mellonella. Journal of Apicultural Research, 42, 77-81.

Haughton, A. J., Champion, G. T., Hawes, C., Heard, M. S., Brooks, D. R., Bohan, D. A., et al. (2003). Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops: II. Within-field epigeal and aerial arthropods. Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Series B. Biological Sciences, 358, 1863-1877.

Hawes, C., Haughton, A. J., Osborne, J. L., Roy, D. B., Clark, S. J., Perry, J. N., et al. (2003). Responses of plants and invertebrate trophic groups to contrasting herbicide regimes in the farm scale evaluations of genetically modifi ed herbicide-tolerant crops. Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Series B. Biological Sciences, 358: 1899-1913.

Hofmann, C., and Luthy, P. (1986). Binding and activity of Bacillus thuringiensis delta-endotoxin to invertebrate cells. Archives of Microbiology, 146, 7-11.

Howatt, K. A., Endres, G. J., Hendrickson, P. E., Aberle, E. Z., Lukach, J. R., Jenks, B. M., et al. (2006). Evaluation of glyphosate-resistant hard red spring wheat (Triticum aestivum). Weed Technology, 20, 706-716.

Huang, Z. Y., Hanley, A. V., Pett, W. L., Langenberger, M., and Duan, J. J.. (2004). Field and semi-field evaluation of impacts of transgenic canola pollen on survival and development of worker honey bees. Journal of Economic Entomology, 97, 1517-1523.

Ingram, M., Nabhan, G. P., and Buchmann, S. (1996). Our forgotten pollinators: Protecting the birds and bees. Global Pesticide Campaigner, 6. Retrieved March 2006, from http://www.pmac.net/ birdbee.htm.

James, C. (2005). Global status of commercialized biotech/GM crops (ISAAA Brief No. 34). Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.

Johansen, C. A., and Mayer, D. F. (1990). Pollinator protection: A bee and pesticide handbook. Cheshire,CT: Wicwas Press.

Liu, B., Xu, C. G., Yan, F. M., and Gong, R. Z. (2005). The impacts of the pollen of insect-resistant transgenic cotton on honeybees. Biodiversity and Conservation, 14, 3487-3496.

Losey, J. E., Rayor, L. S., and Carter, M. E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larvae. Nature, 399, 214-214.

Lovell, S. T., and Sullivan, W. C. (2006). Environmental benefits of conservation buffers in the United States: Evidence, promise, and open questions. Agriculture, Ecosystems and Environment, 112, 249-260.

Malone, L. A., and Pham-Delegue, M. H. (2001). Effects of transgene products on honey bees (Apis mellifera) and bumblebees (Bombus sp.). Apidologie, 32, 287-304.

Malone, L. A., Todd, J. H., Burgess, E. P. J., and Christeller, J. T. (2004). Development of hypopharyngeal glands in adult honey bees fed with a Bt toxin, a biotin-binding protein and a protease inhibitor. Apidologie, 35, 655-664.

Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A. G., and Swift, M. J. (1997). Agricultural intensifi cation and ecosystem properties. Science, 277, 504-509.

Michener, C. D., McGinley, R. J., and Danforth, B. N. (1994). The bee genera of North and Central America (Hymentoptera: Apodia). Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

Morandin, L. A., and Winston, M. L. (2003). Effects of novel pesticides on bumble bee (Hymenoptera: Apidae) colony health and foraging ability. Environmental Entomology, 32, 555-563.

----(2005). Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. Ecological Applications, 15, 871-881.

----(2006). Pollinators provide economic incentive to preserve natural land in agroecosystems. Agriculture Ecosystems and Environment, 116, 289-292.

Morandin, L. A., Winston, M. L., Abbott, V. A., and Franklin, M. T. (2007). Can pastureland increase wild bee abundance in agriculturally intense areas? Basic and Applied Ecology, 8, 117-124.

Paoletti, M. G., and Pimentel, D. (2000). Environmental risks of pesticides versus genetic engineering for agricultural pest control. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 12, 279-303.

Picard-Nizou, A. L., Grison, R., Olsen, L., Pioche, C., Arnold, G., and Pham-Delegue, M. H. (1997). Impact of proteins used in plant genetic engineering: Toxicity and behavioral study in the honeybee. Journal of Economic Entomology, 90, 1710-1716.

Picard-Nizou, A. L., Pham-Delegue, M. H., Kerguelen, V., Douault, P., Marilleau, R., Olsen, L.,et al. (1995). Foraging behaviour of honey bees (Apis mellifera L.) on transgenic oilseed rape (Brassica napus L. var. oleifera). Transgenic Research, 4, 270-276.

Pierre, J., Marsault, D., Genecque, E., Renard, M., Champolivier, J., and Pham-Delegue, M. H. (2003). Effects of herbicide-tolerant transgenic oilseed rape genotypes on honey bees and other pollinating insects under fi eld conditions. Entomologia Experimentalis et Applicata, 108, 159-168.

Pimentel, D., Acquay, H., Biltonen, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J., et al. (1992). Environmental and economic costs of pesticide use. BioScience, 42, 750-760. Prescott-Allen, R., and Prescott-Allen, C. (1990). How many plants feed the world? Conservation Biology, 4, 365-374.

Qaim, M. (2003). Bt cotton in India: field trial results and economic projections. World Development, 31, 2115-2127.

Qaim, M., and De Janvry, A. (2005). Bt cotton and pesticide use in Argentina: Economic and environmental effects. Environment and Development Economics, 10, 179-200.

Sagili, R. R., Pankiw, T., and Zhu-Salzman, K. (2005). Effects of soybean trypsin inhibitor on hypopharyngeal gland protein content, total midgut protease activity and survival of the honey bee (Apis mellifera L.). Journal of Insect Physiology, 51: 953-957.

Sears, M. K., Hellmich, R. L., Stanley-Horn, D. E., Oberhauser, K. S., Pleasants, J. M., Mattila, H. R., et al. (2001). Impact of Bt corn pollen on monarch butterfl y populations: A risk assessment. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 98, 11937-11942.

Simpson, R. M., Burgess, E. P. J., and Markwick, N. P. (1997). Bacillus thuringiensis delta-endotoxin binding sites in two lepidoptera, Wiseana spp. and Epiphyas postvittana. Journal of Invertebrate Pathology, 70, 136-142.

Squire, G. R., Brooks, D. R., Bohan, D. A., Champion, G. T., Daniels, R. E., Haughton, A. J., et al. (2003). On the rationale and interpretation of the farm scale evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Series B. Biological Sciences, 358, 1779-1799.

Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., et al. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. Science, 292, 281-284.

Tscharntke, T. A., Klein, M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., and Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensifi cation and biodiversity: Ecosystem service management. Ecology Letters, 8, 857-874.

U.S. Census Bureau. (2008.) World population information. Retrieved February 2008, from http://www.census .gov/ipc/www/idb /world popinfo.html.

U.S. Environmental Protection Agency. (2000). October 18-20, 2000, FIFRA SAP meeting: Bt plant pesticides risk and benefi ts assessment. Retrieved June 2007, from http://www.epa.gov/oscpmont/ sap /meetings/2000/october/questions.pdf.

----(2001). Biopesticides registration action document: Bacillus thuringiensis plant-incorporated protectants. Retrieved June 2007, from http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/pips/ bt_brad.htm.

Wilkinson, J. E., Twell, D., and Lindsey, K. (1997). Activities of CaMV 35S and nos promoters in pollen: Implications for fi eld release of transgenic plants. Journal of Experimental Botany, 48,265-275.

الفصل الثالث عشر

مستقبل تلقيم المحاصيل الزراعية

Rosalind R. James and Theresa L. Pitts-Singer

نأمل بأن نكون قد بينا لكم الأساليب العديدة التي يؤثر فيها النحل على الزراعة. وأبرزها بطبيعة الحال هو التلقيح. وتتطلب ٢٠٪ من المحاصيل الغذائية وحوالي ١٥٪ من محاصيل البذور في جميع أنحاء العالم مساعدة الملقحات لإتمام عملية التلقيح بشكلٍ كامل (Klein et al., 2007). وتشمل هذه المحاصيل الغذائية منتجات مفضلة مثل العديد من ثمار الفاكهة (مثل التفاح، الكرز، المانجو والأفوكادو) والمكسرات (على سبيل المثال، اللوز، الفول السوداني، مكسرات المكاديميا وفستق البرازيل)، بالإضافة إلى الكوسا، الخيار، البطيخ، الحمضيات والتوت. وبالإضافة إلى ذلك، تستفيد العديد من محاصيل الزيوت من تلقيح النحل، مثل الكانولا، دوار الشمس، جوز الهند، وهكذا دواليك.

ويعتبر نحل العسل، *Apis mellifera*، الأكثر شيوعاً كملقحات زراعية في أمريكا الشمالية وأوروبا وأجزاء أخرى كثيرة من العالم، أيضاً. ويستأجر المزارعون في الولايات المتحدة أكثر من ٢ مليون خلية نحل عسل سنوياً للتلقيح، ولكن نحل العسل يتعرض وبشكل متزايد للتهديد من قبل عددٍ لا يحصى من المشاكل. حلم الفاروا

ومقاومتها للمبيدات، الأمراض الفيروسية التي تنتقل عن طريق الفاروا، مقاومة المضادات الحيوية في مرض تعفن الحضنة الأميركي، حلم القصبات الهوائية وخنفساء النحل الصغيرة هي المشاكل الحاسمة في تربية نحل العسل والتي تراكمت إلى النقطة التي أكسبت تربية نحل العسل شكلاً مغايراً عما كانت عليه من الناحية الاقتصادية. وعلى سبيل المثال، فإن الطلب على نحل العسل لتلقيح بساتين اللوز في ولاية كاليفورنيا يتزايد بسرعة بسبب زيادة المساحة المزروعة، ولكن هذا يحدث خلال وقت لا يكون معه من السهولة إنتاج عدد كافٍ من مستعمرات نحل العسل، ونتيجة لذلك، تكلفة استئجار النحل ارتفع من ٥٠ دولاراً أمريكياً لكل خلية نحل في سنة ٢٠٠٣م إلى ١٤٠ دولاراً أمريكياً لكل خلية نحل في سنة ٢٠٠٦م (Boriss and Summner, 2006). وهو ما يقرب من زيادة السعر بمقدار ثلاثة أضعاف في ٤ سنوات للمحاصيل التي تتطلب من خمس إلى سبع خلايا في الهكتار الواحد.

وبالإضافة إلى ذلك، لن تُلقح جميع المحاصيل بشكل جيد من قبل نحل العسل. فعلى سبيل المثال، تتطلب الطماطم تلقيحاً بواسطة النحل الطنّان، التي لا يمكن أن يحققها نحل العسل، وتُلقح أزهار البرسيم بشكل غير مناسب من قبل نحل العسل، ولا تعمل نحلة العسل بشكل جيد في الدفيئات وتحت الأنفاق الزراعية. ولحسن الحظ، نحلة العسل ليست هي النحل الوحيدة التي تعمل كملقحات جيدة. ويعرف ما يقرب من ١٦ ألف نوع من النحل في العالم (Michener, 2000)؛ وعدد قليل من الأنواع فقط، على كل حال، تُدار أو تربى على وجه التحديد كملقحات. وتضم هذه الأنواع: النحل الطنّان (*Bombus terrestris* and *B. impatiens*)، ونحل أوراق نبات البرسيم (*Megachile rotundata*)، وبضعة أنواع من النحل البنّاء (*Osmia*)، ونحلة النوميا (*Nomia melanderi*). وهناك إمكانية لإدارة أنواع أكثر من النحل وتوسيع استخدام تلك الأنواع قيد الاستخدام. ومع ذلك، تُشكل إدارة الملقحات من غير جنس نحل العسل (*Apis*) مجموعتها الخاصة من المشاكل. مواد التعشيش، والملاجئ، بالإضافة إلى تقنيات

التربية التي تم تطويرها بشكل جيد وتجاري لنحلة أوراق نبات البرسيم، مُتاحة تجارياً، ولكن أساليب إكثار وتربية الملقحات المهمة الأخرى، مثل نحل النوميا والنحل الطنّان، هي أقل تطوراً. وعلاوة على ذلك، لدى هذه الأنواع من النحل مجموعتها من الأمراض والطفيليات التي تحتاج إلى علاج.

ومن المدهش، عدم اكتشاف التنوع الهائل للنحل البريّ أساساً، وخصوصاً فيما يتعلق بالنباتات التي تقوم بزيارتها والمحاصيل التي تستطيع تلقيحها. وتعريف وتصنيف العديد من مجموعات الملقحات المهمة غير كاف، مع وجود أنواع كثيرة لا تزال غير معرفة، كما أن العلاقات بين الأنواع وبين مجموعات الأنواع المختلفة لا تزال مبهمة. ونفتقر بالإضافة لذلك إلى فهم بيولوجية النحل المحلي والأعداء الحيوية والمسببات المرضية لهذه الأنواع من النحل. وتهَدد بعض مجتمعات النحل المحلي بسبب انحصار العوائل الطبيعية، وعدم وجود معلومات حول تنظيم مجتمعاتها الطبيعية وتكوينها الحيوي وبيولوجيتها مما يحد من قدرتنا للاعتماد على مجتمعاتها للتلقيح. ونحتاج إلى معلومات إضافية للمساعدة في حماية النحل المحلي والسماح بإمكانية تدجينه وتربيته قبل أن يُفقد هذا الكنز من التنوع إلى الأبد.

وكانت سنة ٢٠٠٦ سنةً مهمةً لبحوث النحل في جميع أنحاء العالم. فقد تم تعريف سلسلة المورّثات الكاملة لنحل العسل والتي أعلن عنها في مجلة الطبيعة (Honey bee Genom Sequencing Consortium, 2006)، ومجموعة المورّثات لمسببين مرضيين من أمراض نحل العسل الرئيسية *Ascosphaera apis* و*Paenibacillus larvae* (Qin et al., 2006). وبنفس الفترة تقريبا أُستخدم تحليل جديد لنشوء وتطور النحل يضم بيانات تسلسل المورثات لإعادة تقييم مفاهيمنا السابقة لتطور النحل (Danforth et al., 2006). وفي وقت سابق من نفس العام، وثق تقرير علمي على ما يبدو انخفاضاً كبيراً في مجتمعات النحل في إنكلترا وهولندا، وربما فقدان حوالي ٣٠٪ من تنوع النحل منذ سنة ١٩٨٠م، لاسيما في صفوف النحل المتخصص، وانخفاضاً في

أنواع النباتات البرية التي يتم تلقيحها بواسطة الحشرات (Biesmeijer, et al., 2006). وشكلت الأكاديمية الوطنية للعلوم (NAS) في الولايات المتحدة أيضاً لجنة لمراجعة حالة الملقحات في أمريكا الشمالية، وأنجزت هذه اللجنة تقريرها في سنة ٢٠٠٦م. وهذه النشاطات ليست سوى جزء صغير من أنشطة بحوث النحل التي ذُكرت في عام ٢٠٠٦م، ولكن الحصول على تقارير كثيرة حول النحل في المجلات العلمية الرئيسية التي تلبي احتياجات المستهدفين الواسعة ليست شائعة في حقول النحل. وهذا يُسلط الضوء على الحقيقة بأن النحل، وخاصة كملقحات، مهم جداً للنظم البيئية البرية والنظم الزراعية، وينتج عن ذلك مصدر قلقٍ متزايدٍ بأننا قد نفقد هذا المورد الثمين.

ويُسلط تقرير الأكاديمية الوطنية للعلوم (NAS) بالولايات المتحدة (Satatus of pollinators in North America) عن حالة الملقحات في أمريكا الشمالية (National Research Counsil, 2007) الضوء على مجالات الاهتمام التي تتصل اتصالاً مباشراً بتوفير الملقحات الكافية والملائمة لأغراض الزراعة والبيئة، بما في ذلك الحاجة إلى: (١) تطبيق أفضل للأنظمة التي تُصمم للحد من الدخول العرضي لآفات نحل العسل ومسببات الأمراض وزيادة البحوث لإيجاد طرق مُبتكرة لمكافحتها، (٢) توسيع الجهود البحثية الرامية إلى تحسين قُدرتنا على تحديد التنوع الكبير في أنواع النحل التي تحتل مزارعنا والمناطق الطبيعية لنتمكن لاحقاً من دراسة وفرتها وتاريخ حياتها، (٣) اتخاذ تدابير لمنع انتشار الجراثيم المُمرضة من مجتمعات النحل المرباة إلى المجتمعات البرية، (٤) وضع الدراسات الاستقصائية لاكتشاف ملقحات النباتات النادرة والمهددة بالانقراض وتوثيق اتجاهات مجتمعات النحل البري على المدى الطويل في التلقيح، (٥) تحديد آثار خسارة العوائل وتفرقها على مجتمعات النحل، (٦) توسيع الحوافز الاقتصادية لحفظ الملقحات مع تعزيز الوعي حول الملقحات من خلال التعليم العام والجمعيات المهنية.

وركزت العديد من التوصيات الواردة في تقرير الأكاديمية الأمريكية الوطنية للعلوم (NAS) حول الملقحات البريّة. وبالإضافة إلى وظيفتها بالنظام البيئي، توفر الملقحات البريّة خدمات التلقيح للزراعة بشكل مباشر، كما نُوقش في فصول عدة في هذا الكتاب، بل هي مصدر الملقحات الجديدة المحتملة للمستقبل أيضاً. وستتغير الزراعة حتما على مر الزمن، وكذلك احتياجاتها من التلقيح. وبهذه الاتجاهات، تتقاطع مسارات الحفاظ على الملقحات البرية والزراعة. واتجاه آخر تتقاطع فيه هذه المسارات، فعندما يكون النحل البري كافياً لتلبية احتياجات التلقيح للزراعيين، فإننا نزيل بعض الضغوط الاجتماعية والاقتصادية لإدخال النحل من المناطق الخارجية. وإدخال أنواع جديدة من النحل لمنطقة معينة تزيد من مخاطر إدخال مسببات مرضية جديدة بطريق الخطأ أو طفيليات أو إدخال نوع من النحل بشكل عرضي قد يؤدي إلى إحلال النحل المحلي تنافسيا أو يعقد من إدارة آفات نحل العسل.

وقبل الحرب العالمية الثانية، كانت طريقة المناقشات العامة حول التربية والزراعة في كثير من الأحيان من وجهة نظر "حقلية"، ولكن منذ ذلك الوقت، من وجهة نظرنا لقد تغيرت الزراعة. يرى المدافعون عن وجهة النظر الحقلية، الزراعة على أنها وسيلة للحياة وقد كانت "مُجزية"، وللصالح العام، ومصدراً للفضيلة الأخلاقية، "بينما يتحدث الكتاب الحاليون المعنيون بالحفاظ على الأراضي الزراعية عن ممارسة الزراعة بشكل كامل تقريباً من حيث النفعية، واصفين قدرتها الإنتاجية وعوائدها الاقتصادية" (Mariola 2005). ويمضي Mariola (2005) شارحاً بأن أنصار جدلية "النفعية الاقتصادية" للحفاظ على الأراضي الزراعية يقيّمون قرارات استخدام الأراضي بالاعتماد أساساً على إنتاجيتها المحتملة من المواد الغذائية والمعايير الاقتصادية، وبالرغم من حسن نواياهم، تتجاهل هذه المجموعة أخلاقيات الزراعة، أو القيمة الاجتماعية المرتبطة مع ممارسة الزراعة. وتستفيد جهود الحفاظ على الحياة البرية في بعض الأحيان من فلسفة مشابهة وموجهة اقتصادياً. وللحصول على انتباه الجمهور العام والشركات التجارية،

توضع جدلية "المحافظين" في كثير من الأحيان في سياق القيمة الاقتصادية للحياة البرية على المجتمع. ويشابه نقاش وحُجج Mariola (2005) العودة إلى المفهوم الحقلي كأساس للحفاظ على المزرعة وهو ما تم اقتراحه من قِبل Aldo Leopold في وقت يعود إلى سنة ١٩٤٩م، فيما أسماه أخلاقيات الأرض: "أخلاقيات الأرض بعد ذلك، تعكس وجود الضمير البيئي، وهذا بدوره يعكس قناعة المسؤولية الفردية للمحافظة على صحة الأرض. والصحة هي قدرة الأرض على التجديد الذاتي. والمحافظة عليها هو جهدنا لفهم وللحفاظ على هذه القدرة" (Leopold, 1948, p221).

وببساطة فإن حاجتنا للحفاظ على الملقحات تتعدى الحدود بين الحقلي والأخلاقي، على الرغم من الحقيقة بأن القيم والأهداف للمزارعين والحفاظ على الحياة البرية لا تتناغم دائماً مع بعضها البعض. فعلى سبيل المثال، أنواع كثيرة للنحل هي نادرة أو متخصصة وليس لها أي قيمة نفعية معروفة للزراعة. وتهدف جهود المحافظة عموماً للحفاظ على الأنواع النادرة أو المهددة بالانقراض، والمحاولات الناجحة غالباً ما تدعو للتضحية ببعض النشاط البشري، ويمكن أن يشمل ذلك الأنشطة والممارسات الزراعية مثل استخدام مبيدات الآفات، الحراثة أو استخدامات الأراضي الأخرى. وهكذا، إذا أخذنا النواحي الاقتصادية فقط بعين الاعتبار، فإننا سنجد أنفسنا في بعض الأحيان في الموقف الذي نقارن فيه القيمة الاقتصادية للنحلة النادرة أو المتخصصة مع المكاسب الاقتصادية للممارسات الزراعية التي من شأنها أن توقف من أجل الحفاظ على تلك النحلة. ويتجاهل هذا النهج الحفاظ على قيمة النحل للمجتمع الإنساني ككل. والمعروف بأن النحل ينتج فائدة مباشرة إلى الإنسان عن طريق تلقيح المحاصيل الزراعية والحدائق، لكنها مهمة أيضاً للحفاظ على نظام بيئي متوازن، والذي نعتمد علية ونتعلم منه القيم الاجتماعية. وهذه المخلوقات غير المزعجة الصغيرة تعتبر رمزاً للربط البيئي بيننا وبين الطبيعة وتسلط الضوء على المسؤولية الأخلاقية لدينا نحو الحفاظ على سلامة الطبيعة.

المراجع العلمية

Biesmeijer, J. C., Roberts, M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., et al. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science, 313, 351-354.

Danforth, B. N. S., Sipes, S., Fang, J., and Brady, S. G. (2006). The history of early bee diversification based on five genes plus morphology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 103, 15118-15123.

Honeybee Genome Sequencing Consortium. (2006). Insights into social insects from the genome of the honeybee Apis mellifera. Nature, 443, 931-949.

Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., and Steffan-Dewenter, I. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society of London: Series B, 274, 303-313.

Leopold, A. (1949). A Sand County almanac and sketches here and there. New York: Oxford University Press.

Mariola, M. J. (2005). Losing ground: Farmland preservation, economic utilitarianism, and the erosion of the agrarian ideal. Agriculture and Human Values, 22, 209-223.

Michener, C. D. (2000). The bees of the world. Baltimore: John Hopkins University Press.

National Research Council. (2007). Status of pollinators in North America. Washington, DC: National Academies Press.

Qin, X., Evans, J. D., Aronstein, K. A., Murray, K. D., and Weinstock, G. M. (2006). Genome sequences of the honey bee pathogens Paenibacillus larvae and Ascosphaera apis. Insect Molecular Biology, 15, 715-718.

Sumner, D. A., and Boriss, H. (2006). Bee-conomics and the leap in pollination fees. Giannini Foundation of Agricultural Economics, 9, 9-11.

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي – إنجليزي

أ

أحادية المسكن	Monoecious
الإخصاب الخلطي	Cross fertilization
الأزهار التي يتم تلقيحها بواسطة الفقاريات	Zoophilous flower
الأزهار المذكرة	Staminate flower
الأزهار المؤنثة	Pistilate flower
انتقال الجينات	Gene Flow
انتقال الغذاء بين العاملات	Trophallaxis
انفرادي	Solitary

ب

البكري أو العذري	Parthenocarpy

ت

التحضين	Incubation
التشتية	Wintering
التعديل الوراثي	Transformation
التعذر	Pupation
التعشيش	Nesting
التعشيش الأرضي	Ground nesting
تعفن الحضنة	Foulbrood
تكلس الحضنة	Chalkbrood
تكنلوجيا نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات	Bio-control vector technology
التلقيح	Pollination
التلقيح الخلطي	Cross pollination
التلقيح الذاتي	Self-pollination
التلقيح الذاتي المتأخر	Delayed selfing
التهجين	Hybridization

ث

ثلاثية عدد الكروموسومات	Triploid
ثنائية المسكن	Dioecious
ثنائية عدد الكروموسومات	Diploid

ح

حدوث الطفرات	Mutagenesis

خ

الخروخ	Emergence
الخلط	Out-crossing
الخنثى	Hermaphrodite

د

الدخيل أو الغريب	Invasive

ر

الرميّ	Saprophytic

ز

الزراعة الأحادية	Monoculture

س

السروح	Foraging

السكون الإجباري	Diapause

ظ

ظاهرة أحادية وثنائية عدد الكرموسومات بين الذكور والإناث في النوع الواحد	Haplodiploidy
ظاهرة تنوع المظهر الخارجي	Phenological Placticity

ع

العدوى	Inoculum
عقد الثمار بدون تلقيح	Apomixis
العنقود الزهري	Inflorescence

ف

فرمون	Pheromone

ق

القدرة الإمراضية	Virulence

م

ما قبل التعشيش	Prenesting

متعددة النواة	Polyploidy
المحاصيل التي تحتوي على مورثات غريبة	Transgenic crops
المحاصيل المعدلة وراثيا	Genetically Modified Crops
مرض النوزيما	Nosema
مغطاة البذور	Angiosperms
مناطق العالم الجديد	Neotropics

ن

الناقل	Vector
النحل الاجتماعي	Social bees
النحل الطنان	Bumblebee
نحل غريب أو دخيل	Exotic bees

ثانياً: إنجليزي – عربي

A

مغطاة البذور	Angiosperms
عقد الثمار بدون تلقيح	Apomixis

B

تكنلوجيا نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات	Bio-control vector technology
النحل الطنان	Bumblebee

C

تكلس الحضنة	Chalkbrood
الإخصاب الخلطي	Cross fertilization
التلقيح الخلطي	Cross pollination

D

التلقيح الذاتي المتأخر	Delayed selfing
السكون الإجباري	Diapause
ثنائية المسكن	Dioecious
ثنائية عدد الكروموسومات	Diploid

E

Emergence	الخروج
Exotic bees	نحل غريب أو دخيل

F

Foraging	السروح
Foulbrood	تعفن الحضنة

G

Gene Flow	انتقال الجينات
Genetically Modified Crops	المحاصيل المعدلة وراثيا
Ground nesting	التعشيش الأرضي

H

Haplodiploidy	ظاهرة أحادية وثنائية عدد الكرموسومات بين الذكور والإناث في النوع الواحد
Hermaphrodite	الخنثى
Hybridization	التهجين

I

Incubation	التحضين

Inflorescence	العنقود الزهري
Inoculum	العدوى
Invasive	الدخيل أو الغريب

M

Monoculture	الزراعة الأحادية
Monoecious	أحادية المسكن
Mutagenesis	حدوث الطفرات

N

Neotropics	مناطق العالم الجديد
Nesting	التعشيش
Nosema	مرض النوزيما

O

Out-crossing	الخلط

P

Parthenocarpy	البكري أو العذري
Phenological Placticity	ظاهرة تنوع المظهر الخارجي
Pheromone	فرمون

Pistilate flower	الأزهار المؤنثة
Pollination	التلقيح
Polyploidy	متعددة النواة
Prenesting	ما قبل التعشيش
Pupation	التعذر

S

Saprophytic	الرميّ
Self-pollination	التلقيح الذاتي
Social bees	النحل الاجتماعي
Solitary	انفرادي
Staminate flower	الأزهار المذكرة

T

Transformation	التعديل الوراثي
Transgenic crops	المحاصيل التي تحتوي على مورثات غريبة
Triploid	ثلاثية عدد الكروموسومات
Trophallaxis	انتقال الغذاء بين العاملات

V

Vector	الناقل
Virulence	القدرة الإمراضية

W

التشتية	Wintering

Z

الأزهار التي يتم تلقيحها بواسطة الفقاريات	Zoophilous flower

كشاف الموضوعات

ت

ح

خ


Bibliotheca Alexandrina
12337240
www.ksu.edu.sa
ردمك : ٠-٠٥٦-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨
ISBN 978-603-507-056-0